

Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior
Departamento de Ciencia e Ingeniería de
Materiales e Ingeniería Química

Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos



PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniero técnico industrial (mecánica)

AUTOR: Francisco Javier Recio Carvajal

TUTOR: Antonio Aznar Jiménez

Leganés, 15 de Septiembre de 2010

| | |
|---|----|
| Índice | |
| Resumen | 5 |
| Traducción resumen | 8 |
| 1 Introducción..... | 10 |
| 1.1 Introducción..... | 11 |
| 1.2 Glosario de términos..... | 12 |
| 2 Desarrollo | 18 |
| 2.1 Objetivos..... | 19 |
| 2.2 Marco legal | 19 |
| 2.3 Problemática a la que responde el proyecto | 23 |
| 2.4 Estudios previos..... | 24 |
| 2.4.1 Hormigos | 24 |
| 2.4.1.1 Situación..... | 24 |
| 2.4.1.2 Grado de industrialización | 24 |
| 2.4.2 Caracterización de las aguas residuales | 25 |
| 2.4.2.1 Proyecto previo 1997 | 25 |
| 2.4.2.2 Actualización datos proyecto previo | 26 |
| 2.4.3 Estudio climatológico | 27 |
| 2.5 Estudio alternativas | 29 |
| 2.5.1 Tipos de E.D.A.R | 29 |
| 2.5.1.1 Sistemas de Depuración Natural (SDN)..... | 29 |
| 2.5.1.2 E.D.A.R convencional..... | 29 |
| 2.5.2 E.D.A.R | 30 |
| 2.5.2.1 Línea de agua | 30 |
| 2.5.2.2 Línea de fangos | 32 |
| 2.5.3 Depuración de aguas residuales en entornos rurales y en pequeñas aglomeraciones urbanas..... | 33 |
| 2.5.3.1 Características especiales de las aguas residuales urbanas en las pequeñas aglomeraciones y entornos rurales..... | 34 |
| 2.5.3.2 Problemática de la depuración en pequeñas aglomeraciones urbanas..... | 34 |
| 2.5.4 E.D.A.R convencionales vs Sistemas de Depuración Natural | 35 |
| 2.5.4.1 Sistemas de Depuración Natural | 35 |
| 2.5.4.2 E.D.A.R convencional..... | 35 |
| 2.5.5 Tipos de Sistemas Depuración Natural | 36 |
| 2.5.5.1 Humedales artificiales | 36 |



| | | |
|---------|---|----|
| 2.5.5.2 | Lagunaje | 39 |
| 2.5.5.3 | Filtros de turba | 40 |
| 2.5.5.4 | Contactores Biológicos Rotativos | 43 |
| 2.5.5.5 | Lechos bacterianos | 46 |
| 2.5.6 | Elección del sistema de depuración..... | 48 |
| 2.6 | Pretratamiento..... | 50 |
| 2.6.1 | Pozo de gruesos | 50 |
| 2.6.2 | Sistemas de desbaste..... | 51 |
| 2.6.2.1 | Rejas de desbaste..... | 52 |
| 2.6.3 | Desarenador | 54 |
| 2.6.4 | Desengrasador | 55 |
| 2.7 | Lagunaje | 55 |
| 2.7.1 | Lagunas anaerobias..... | 55 |
| 2.7.2 | Lagunas facultativas | 56 |
| 2.7.3 | Lagunas maduración..... | 57 |
| 3 | E.D.A.R Hormigos | 58 |
| 3.1 | E.D.A.R Hormigos | 59 |
| 3.1.1 | Pretratamiento..... | 59 |
| 3.1.1.1 | Pozo de gruesos y desarenador..... | 61 |
| 3.1.1.2 | Rejas de desbaste..... | 62 |
| 3.1.1.3 | Desengrasador | 64 |
| 3.1.1.4 | Ejecución de la obra | 65 |
| 3.1.1.5 | Equipos auxiliares | 68 |
| 3.1.2 | Lagunas..... | 68 |
| 3.1.2.1 | Laguna facultativa | 69 |
| 3.1.2.2 | Laguna maduración | 71 |
| 3.1.2.3 | Ejecución de la obra | 72 |
| 3.1.3 | Aliviaderos | 72 |
| 3.1.3.1 | Aliviadero de entrada pozo de gruesos y desarenador | 72 |
| 3.1.3.2 | Aliviadero de entrada a las lagunas..... | 74 |
| 3.1.3.3 | Ejecución de la obra | 75 |
| 3.1.4 | Medidores de caudal | 76 |
| 3.1.4.1 | Medidor de caudal Parshall | 76 |
| 3.1.5 | Válvulas de compuerta | 77 |
| 3.1.6 | Línea piezometrica | 77 |
| 3.1.6.1 | Pérdidas de carga..... | 77 |



| | | |
|---------|---|-----|
| 3.1.6.2 | Calculo línea piezometrica | 82 |
| 3.1.6.3 | Conclusión..... | 84 |
| 3.2 | Mantenimiento..... | 84 |
| 3.2.1 | Tipos de mantenimiento | 85 |
| 3.2.1.1 | Mantenimiento preventivo | 85 |
| 3.2.1.2 | Mantenimiento predictivo | 86 |
| 3.2.2 | Mantenimiento específico E.D.A.R Lagunaje | 87 |
| 3.2.2.1 | Mantenimiento equipos | 87 |
| 3.2.2.2 | Mantenimiento E.D.A.R: | 88 |
| 3.2.3 | Anomalías, causas y soluciones..... | 89 |
| 3.2.3.1 | Lagunas facultativas | 89 |
| 3.2.3.2 | Lagunas de maduración..... | 91 |
| 3.2.4 | Modalidades de gestión | 92 |
| 3.2.4.1 | Gestión directa..... | 92 |
| 3.2.4.2 | Gestión mancomunada | 92 |
| 3.2.4.3 | Gestión indirecta | 93 |
| 3.2.4.4 | Conclusión..... | 93 |
| 3.3 | Seguridad y Salud..... | 94 |
| 3.3.1 | Riesgos biológicos | 94 |
| 3.3.2 | Riesgos específicos de la actividad | 97 |
| 3.3.2.1 | Riesgos de accidentes..... | 98 |
| 4 | Conclusiones..... | 104 |
| 4.1 | Conclusiones..... | 105 |
| 4.2 | Líneas futuras | 105 |
| | Referencias | 109 |
| | Bibliografía..... | 111 |
| | ANEXO I: Formulario..... | 113 |
| | ANEXO II: Presupuesto | 122 |
| | ANEXO III: Primeros auxilios | 155 |
| | ANEXO IV: Planos | 158 |



Resumen



Resumen

El medio ambiente está formado por el medio biótico (seres vivos), el medio físico (territorio) y las interacciones entre ambos.

El ser humano es el ser vivo que mayor capacidad tiene para cambiar el medio físico y con ello el medio biótico, en la actualidad las sociedades avanzan a un ritmo acelerado, cada vez mas consumista, cambiando de forma irreversible tanto el medio físico como el medio biótico, agotando los recursos naturales de los que disponemos.

Este sistema económico basado en la máxima producción, el beneficio y la explotación ilimitada de recursos es insostenible, puesto que los recursos naturales de los que disponemos no son ilimitados. Por eso se ha construido la teoría del desarrollo sostenible, cuya máxima es el desarrollo económico de la sociedad actual sin que ello implique comprometer los recursos naturales de generaciones futuras.

Los principales objetivos de desarrollo sostenible son:

- Satisfacer las necesidades el presente fomentando la actividad económica que suministre los bienes a la población mundial.
- Satisfacer las necesidades futuras, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la producción de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones. Cuando nuestra actuación supone costos futuros inevitables (por ejemplo la explotación de minerales no renovables), se deben buscar formas de compensar totalmente el efecto negativo que se está produciendo (por ejemplo desarrollando nuevas tecnologías que sustituyan el recurso gastado).

Uno de los principales objetivos del desarrollo sostenible es la conservación de los recursos naturales, De ellos el más esencial es el agua.

La importancia del agua y su calidad queda patente en la Carta Europea del Agua, promulgada en 1968 por El Consejo de Europa, que entre otros puntos destaca que sin agua no hay vida y la certeza de que los recursos de agua dulce no son inagotables.

La conservación de los recursos hídricos de los que disponemos pasa por un consumo responsable del agua y por la depuración y reutilización de las aguas residuales.

En la actualidad no solamente los núcleos urbanos con mas de 2.000 habitantes-equivalentes, los cuales deberían estar depurando sus aguas residuales desde 2006



(según el Real Decreto Ley 11/1995) , vierten a los cauces naturales del agua sus aguas residuales sin depurar, también los municipios con menos de 2.000 habitantes equivalentes no dan un tratamiento adecuado a sus aguas residuales. Sin embargo, en zonas como Murcia donde los recursos hídricos son escasos, prácticamente la totalidad de sus núcleos urbanos depuran y reutilizan sus aguas residuales, para poder conservar los recursos hídricos de los que disponen en la actualidad y con los que podrán contar generaciones futuras.

Nuestro proyecto consiste en el diseño de una depuradora de aguas residuales para la localidad de Hormigos, un municipio de 434 habitantes, situado en la provincia de Toledo, y perteneciente a la comarca de Torrijos.

En este proyecto se da un enfoque distinto al diseño de sistemas de depuración, teniendo en cuenta no solo las necesidades del municipio en cuanto a depuración si no también sus necesidades económicas (el coste de explotación y mantenimiento debe de ser asumible por el ayuntamiento de la localidad). Para ello nos basaremos en el “Proyecto Depuranat [1]”, que pretende construir y evaluar sistemas de depuración naturales en entornos rurales y zonas protegidas.

Como sistema de depuración se ha elegido el lagunaje, se ha evitado el uso de sistemas mecánicos y eléctricos (aireadores, rejillas auto-limpiantes, etc.) para no encarecer el precio de nuestra depuradora ni los costes de explotación y mantenimiento. Además se proponen alternativas para la reutilización de las aguas residuales ya depuradas, como es la reutilización de aguas residuales con fines recreativos (riego de parques y zonas ajardinadas), almacenamiento de agua para prevención de incendios o la creación de filtros verdes.).



TRADUCCIÓN RESUMEN



Traducción resumen

The environment is composed of the biotic medium (living beings), the physical medium (territory) and the interaction between both.

The human being is the living being who has more capacity to change the physical medium and with this, the biotic one. Nowadays, society advances at a quick pace, by becoming more and more consumerist and changing in an irreversible way both the physical and the biotic environments, by using up the natural resources we have.

This economic system, based on the highest production, profit and the unlimited tapping of resources is unsustainable, because natural resources we are provided with aren't unlimited. As a consequence of that, it has been built the theory of the sustainable development, which promotes the economic development of actual society without endangering the natural resources of future generations.

The main objectives of the sustainable development are:

Satisfying the necessities at present, by fostering the economic activity, which supplies world population with goods.

Satisfying the future necessities, by reducing to a minimum the negative effects of economic activity, both in the consumption of resources and in the residues production, so that next generations can cover these needs. When our action means inevitable future costs (for instance, the exploitation of non-renewable minerals), we must look for ways of compensating totally the negative effect which is happening (for example, by developing new technologies that replace the wasted resource).

One of the main objectives of sustainable development is the preservation of natural resources, being water the most essential of them.

The importance of this element and its quality is shown clearly in the European Charter on Water Resources, promulgated in 1968 by the council of Europe, which, among other aspects, it points out that without water, there is no life and the certainty that fresh water resources aren't inexhaustible.

The preservation of hydric resources we have, implies a responsible consumption of water, apart from depuration and reuse of residual waters.

Nowadays, not only urban cores with more than 2.000 people- equivalent, that could be depurating its residual waters since 2006 (according to the "Real Decreto Ley 11/1995), spill its residual waters in the natural waterways without depurating, but also the villages with less than 2.000 inhabitants-equivalent, don't give a suitable treatment to its residual waters. However, in areas such as Murcia, where hydric resources are limited, almost all its urban cores depurate and reuse its residual waters in order to preserve the hydric resources they have now, which will be able to be used by the future generations. Our project consists of the design of a Wastewater Treatment Plant in Hormigos, a village with 434 inhabitants, settled in the province of Toledo and belonging to Torrijos area.

In this project, we offer a different point of view of depuration systems, by taking into account not only the necessities of the village in depuration but also its economic needs (the town council must be able to assume the cost of exploitation and maintenance). For that, we will be based on the "Project Depuranat [1]", that wants to build and evaluate natural depuration systems in rural environments and protected areas.

The chosen depuration system is lagooning. It has been avoided the use of mechanic and electric systems (faucet aerators, self cleaning grills, etc.) in order not to go up the price of our plant, neither do the costs of exploitation and maintenance. Moreover, we



propose alternatives to the reuse of residual waters that are already depurated, such as the reuse of residual waters with recreational intentions (watering of parks and landscaped areas), the storage of water for prevention of fires or the creation of green filters).



1 Introducción



1.1 Introducción

Este proyecto consiste en el diseño de una depuradora de aguas residuales en la localidad de Hormigos. Como condicionantes tendremos en cuenta la alta inversión y los elevados costes de mantenimiento y explotación que conllevan los grandes sistemas de depuración centralizados, puesto que para pequeñas localidades como Hormigos son inasumibles.

Como objetivo principal intentaremos adecuar el sistema de depuración a las necesidades del pueblo, tanto económicas, como técnicas en lo referente a depuración; de manera que la inversión realizada para la construcción de la depuradora y los gastos que conlleve su explotación y mantenimiento sean asumibles por el municipio.

Como referencia tomaremos el “Proyecto Depuranat [1]”, que además nos servirá de guía a la hora de elegir el sistema de depuración que más se adecue a nuestra población. El proyecto Depuranat es fruto de la colaboración entre Francia (Limoges), Norte de Portugal (Braga, Vila Verde) y España (Andalucía y Canarias) y tiene como objetivo:

- Desarrollar sistemas de gestión sostenible de las aguas residuales y potenciar su máximo aprovechamiento en áreas rurales y espacios naturales.
- Promover el desarrollo sostenible de las áreas rurales, así como el intercambio de información, ideas, metodologías y tecnologías entre diferentes regiones atlánticas.
- Potenciar la cooperación e intercambio de experiencias, conocimientos y métodos entre las diferentes regiones del Espacio Atlántico para la resolución de problemas comunes en cuanto a la gestión del agua y prevención de la contaminación de los recursos hídricos.
- Generación de empleo y tecnología local, así como propiciar la transferencia de experiencias y tecnologías a países en vías de desarrollo.

Este proyecto Depuranat pretende construir y evaluar sistemas de depuración de aguas residuales domésticas integrados en los espacios donde se ubican mediante el uso de sistemas naturales de tratamiento. Además hace hincapié en estudiar las diferentes aplicaciones posibles de los subproductos generados, como pueden ser la producción de plantas acuáticas con fines ornamentales, forrajeros, artesanales, para el aporte a la producción local de abono o para la generación de biocombustibles y evalúa la calidad



del agua obtenida para poder determinar las posibles utilizaciones después de la depuración.

Con este proyecto se intenta fomentar la depuración en entornos rurales y zonas protegidas integrando las depuradoras en los sistemas productivos de la zona o en aplicaciones locales.

1.2 Glosario de términos

Antes de comenzar con el desarrollo del proyecto definiremos algunos conceptos y su importancia (depuración, medio ambiente y sociedad, contaminación, agua y aguas residuales), para de esta forma entender la importancia que tiene la depuración y porque es necesario depurar.

El Medio Ambiente

Según la conferencia de Naciones Unidas de 1972:

“El medio ambiente es el conjunto de medios físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”.

En realidad, el medio ambiente es un conjunto de seres vivos (medio biótico) que se desarrollan en un territorio (medio físico), y establecen y sufren interacciones que normalmente producen cambios en ambos entornos los cuales interaccionan y se modifican mutuamente: el medio biótico modifica el medio físico y viceversa.

Existen muchos ejemplos de cómo el medio biótico y el medio físico interactúan y se modifican entre sí, por ejemplo, la climatología y el terreno (medio físico) condiciona la vegetación y la diversidad de seres vivos que habitan en él, aunque en los últimos tiempos hemos sido los seres humanos (medio biótico) los que hemos modificado el terreno, con construcciones de polígonos industriales, urbanizaciones, y otras actuaciones capaces, incluso, de cambiar la climatología.

Atendiendo a este último ejemplo nos damos cuenta que el ser humano es el ser vivo que mayor poder tiene para cambiar el medio físico y con ello el medio biótico, puesto que la consecuencia directa de la transformación del medio físico es la modificación del medio biótico (seres vivos) que habita en él [2].



Medio Ambiente y Sociedad

Es de sobra conocido el poder del hombre para modificar la naturaleza y afectar a los seres vivos que habitan en ella, con las construcciones de grandes ciudades, de obras de alto impacto ambiental. El ser humano y sus sociedades forman parte del medio ambiente, sus interrelaciones con el resto de los seres vivos y con el terreno es de tal intensidad que es capaz de modificarlos a ambos, baste el ejemplo de la construcción del Canal de Panamá que unió las aguas del océano Pacífico y las del Atlántico, como consecuencia de esto se modificó la salinidad, la distribución de las especies, etc.

Las sociedades avanzan a un ritmo muy acelerado cada vez más consumista, lo que impacta negativamente en la disponibilidad de los recursos naturales a nuestro alcance y en la modificación prácticamente irreversible del medio físico y biótico. Resulta claro que este sistema económico basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de valoración económica es insostenible. Un planeta limitado no puede sostener, sin reposición, indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría. Por esto, se ha impuesto la idea de desarrollo sostenible un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide a todos sus habitantes y su medioambiente [2].

Desarrollo Sostenible

La más conocida **definición** de **Desarrollo sostenible** es la de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo [3] (Comisión Brundtland) que en 1987 definió Desarrollo Sostenible como:

"el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades".

Según esta definición, el desarrollo sostenible tiene que cumplir dos funciones:

- Satisfacer las necesidades del presente, fomentando la actividad económica que suministre todos los bienes necesarios a la población mundial.
- Satisfacer las necesidades futuras, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones. Cuando nuestra actuación supone costes futuros inevitables (por



ejemplo la explotación de minerales no renovables), se deben buscar formas de compensar totalmente el efecto negativo que se está produciendo (por ejemplo desarrollando nuevas tecnologías que sustituyan el recurso gastado).

Por tanto los criterios para considerar un desarrollo como sostenible son:

- Que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Que use los recursos eficientemente.
- Que promueva el máximo de reciclaje y reutilización.
- Que ponga su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Que restaure los ecosistemas dañados.
- Que promueva la autosuficiencia regional
- Que reconozca la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.

Uno de los principales objetivos del desarrollo sostenible es la conservación de los recursos naturales, de ellos el más importante es el agua.

El Agua

Casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas de agua. Es un compuesto muy abundante e importante, así como uno de los principales constituyentes de la materia viva. En forma natural el agua puede presentarse en diversos estados físicos, sin embargo, debe tenerse en cuenta que en forma natural no existe pura, pues contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión. Es esencial para toda forma de vida, aproximadamente del 60% y 70% del organismo humano es agua.

La excepcional importancia del agua reside, desde el punto de vista químico, en que es el disolvente por excelencia ya que casi la totalidad de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, como los que se realizan en los laboratorios, tienen lugar entre sustancias disueltas en soluciones acuosas.

La importancia del agua, y la preocupación por la calidad de la misma se observa en la Carta Europea del Agua, promulgada en 1968 por El Consejo de Europa, que recoge los siguientes puntos:



1. No hay vida sin agua. Es un tesoro para toda actividad humana.
2. Los recursos de agua dulce no son inagotables. Es necesario conservarlos, controlarlos y siempre que sea posible incrementarlos.
3. Contaminar el agua es dañar al hombre y a otras criaturas vivientes, las cuales dependen del agua.
4. La calidad del agua debe ser mantenida en unos niveles suficientes según los correspondientes usos, en particular debe ser adecuada para que cumpla los estándares de salud pública.
5. Cuando el agua residual es devuelta al cauce, lo debe ser de tal forma que no impida usos posteriores.
6. El mantenimiento de una adecuada cubierta vegetal, preferiblemente bosque, es imperativo para la conservación de los recursos del agua.
7. Los recursos del agua deben ser inventariados.
8. La economía de los recursos de agua debe ser planificada por autoridades competentes.
9. La conservación del agua debe ser potenciada mediante investigación científica intensiva, entrenamiento de especialistas y con servicios de información pública adecuados.
10. El agua es una herencia común, valor tal que debe ser reconocido por todos. Cada cual tiene el deber de utilizar el agua tanto cuidadosa como económicamente.
11. La administración de los recursos de agua debe estar fundamentada en las cuencas naturales más que en estructuras políticas o administrativas.
12. El agua no conoce fronteras; como fuente común requiere de la cooperación Internacional.

La conservación de los recursos hídricos pasa por un consumo responsable de agua, pero no solo basta con eso, hay que mantener la calidad del agua, y para ello hay que mantener limpios los cauces naturales del agua, ríos lagos, etc.

Actualmente la contaminación es algo que está en la palestra, debido al cambio climático, pero existen muchos tipos de contaminación.



La Contaminación

Uno de los mayores problemas de las sociedades actuales es la contaminación: atmosférica, acústica, hídrica, etc.

Según el Real Decreto Legislativo 1/2001, podemos definir la contaminación hídrica como: “la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica”.

De los distintos tipos de contaminación que existen nosotros nos centraremos en la contaminación hídrica, la cual es importante no sólo porque el agua sea esencial para la vida, sino también porque debido a su ciclo de vida, el ciclo del agua, cualquier acción contaminante, por muy local que sea, puede tener efectos, a corto, medio o largo plazo, en cualquier otro punto del planeta.

Una de las principales formas de combatir la contaminación hídrica es la depuración de las aguas residuales. Antes de hablar de porque es importante la depuración, vamos a definir que son las aguas residuales.

Aguas Residuales

Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Las aguas residuales pueden tener origen domestico, industrial, subterráneo o meteorológico y reciben los siguientes nombres respectivamente: domesticas, industriales, de infiltración y pluviales.

El problema que generan las aguas residuales se produce cuando son vertidas directamente a los cauces naturales de agua (ríos, lagos, etc.) sin ningún tratamiento previo, cuando esto ocurre el cauce de agua queda contaminado, puesto que tiene exceso de materia orgánica, componentes químicos, u otra serie de productos que alteran el estado natural del agua.

Depurando las aguas residuales suprimimos el exceso de carga orgánica, sólidos en suspensión, etc. evitando introducir en el agua componentes que alteren su calidad.



Importancia de la depuración.

Es necesario depurar para que las sociedades continúen avanzando y mejorando sin terminar con los recursos naturales que existen, para ello se ha elaborado la teoría del desarrollo sostenible, cuya máxima es que las sociedades sigan creciendo y aumentando su actividad económica sin agotar los recursos naturales de las generaciones futuras, se fundamenta en la necesidad de reciclaje, la reutilización, la búsqueda de energías alternativas etc.

Si a todo esto le sumamos la importancia del agua en la actualidad y la certeza de que los recursos de agua dulce no son inagotables nos damos cuenta de la importancia de la depuración en la actualidad para poder conservar los recursos de agua dulce existentes y con ello contribuir a que la sociedad siga creciendo económicamente a la vez que se aseguren los recursos de agua dulce para las generaciones futuras.



2 Desarrollo



2.1 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es diseñar una estación depuradora de aguas residuales (E.D.A.R) en la localidad de Hormigos (Toledo), capaz de reducir los niveles de DBO₅ y Sólidos en Suspensión (SS) hasta los niveles que marca la normativa vigente. Los costes de mantenimiento de la E.D.A.R deben ser asumibles por el ayuntamiento de la localidad durante el período de vida de funcionamiento, por lo que habrá que simplificar al máximo el funcionamiento de la depuradora suprimiendo el uso de tecnologías que impliquen un consumo excesivo de energía, evitando sistemas mecánicos, utilizando accionamientos manuales en lugar de accionamientos automáticos y sobre todo dando mayor relevancia a sistemas de depuración que imiten el proceso de autodepuración del agua, puesto que estos sistemas tienen un gasto nulo de energía.

En este proyecto se trata de dar un enfoque distinto a la depuración de aguas residuales, reflexionando sobre la importancia de la depuración y diferenciando entre depuradoras diseñadas para grandes poblaciones donde lo que prima es el ahorro de terreno (debido al alto coste del mismo por la saturación de población) la rapidez del sistema de depuración (la depuración de aguas residuales debe de ser rápida puesto que los caudales y cargas de entrada son muy grandes), frente a las depuradoras diseñadas para municipios pequeños, de entornos rurales, etc; donde lo principal es la sencillez de operatividad de la depuradora, es decir, que el mantenimiento y la explotación sean sencillas y sobre todo que el municipio al que de servicio pueda asumir totalmente el coste general y mantenimiento de la depuradora.

2.2 Marco legal

La normativa vigente en materia de depuración de aguas residuales está referida a la transposición de la Directiva Europea 91/271/CEE, mediante los reales decretos Real Decreto-ley 11/1995 y Real Decreto 509/1996.



Real Decreto-ley 11/1995

Este Real Decreto complementa la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, y la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, que establecen diferentes medidas para conseguir una mejor calidad de las aguas continentales y marítimas respectivamente, entre las que cabe destacar el sometimiento a autorización previa de las actividades susceptibles de provocar contaminación del dominio público hidráulico o del dominio público marítimo-terrestre y, en especial, los vertidos.

Modifica el artículo 26 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, al cambiar el criterio de número de habitantes por el de número de «habitantes-equivalentes (mas adelante definiremos lo que es un habitante-equivalente)» como parámetro de referencia para evaluar la depuración o no depuración en las distintas aglomeraciones urbanas y difiere a las Comunidades Autónomas la delimitación de dichas aglomeraciones urbanas. En su artículo 4º indica que aglomeraciones urbanas deben tener sistemas de colectores para las aguas residuales urbanas.

- Antes del 1 de enero del año 2001, aquellas que cuenten con más de 15.000 habitantes-equivalentes.
- Antes del 1 de enero del año 2006 aquellas que tengan entre 2.000 y 15.000 habitantes-equivalentes.
- Antes del 1 de enero del año 1999, aquellas que cuenten con más de 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en una zona sensible.

En su artículo 5º indica que aglomeraciones urbanas deben someter a sus aguas residuales a un tratamiento secundario.

- Antes del 1 de enero del año 2001, aquellas que cuenten con más de 15.000 habitantes-equivalentes.
- Antes del 1 de enero del año 2006, aquellas que cuenten entre 10.000 y 15.000 habitantes-equivalentes.
- Antes del 1 de enero del año 2006, aquellas que cuenten entre 2.000 y 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas continentales o estuarios.

En su artículo 6º indica las aglomeraciones urbanas que deben de dar un tratamiento adecuado a sus aguas residuales antes de Enero de 2006.



- ***Aquellas que cuenten con menos de 2.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas continentales y estuarios.*** (Hormigos estaría dentro de este grupo de aglomeraciones urbanas, las cuales deben de dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales urbanas antes de ser vertidas a su cauce natural antes de 2006, algo que hasta la fecha no se está cumpliendo).
- Aquellas que cuenten con menos de 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas marítimas.

Real Decreto 509/1996

Este Real Decreto desarrolla lo dispuesto en el Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establece las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, complementando las normas sobre recogida, depuración y vertido de dichas aguas y establece las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas.

- Condiciones técnicas de los sistemas colectores.
- Condiciones técnicas de las instalaciones de tratamiento.
- Determinación de los habitantes-equivalentes.
- Requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario.
- Requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento realizados en zonas sensibles.
- Declaración de «zona sensible» y «zona menos sensible».
- Seguimiento del cumplimiento de los requisitos.

En el Anexo I de este Real Decreto se establecen los requisitos de los vertidos de aguas residuales urbanas, que son los requisitos que deben cumplir las aguas residuales de Hormigos antes de ser vertidas a su cauce natural (Tabla 2.1).

| Parámetros | Concentración | Porcentaje mínimo de reducción |
|---|------------------------|--------------------------------|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación). | 25 mg/l O ₂ | 70-90 % |



| | | |
|---|-------------------------|------|
| Demanda química de oxígeno (DQO) | 125 mg/l O ₂ | 75 % |
| Total de sólidos en suspensión (más de 10.000 h-e) | 35 mg/l | 90 % |
| Total de sólidos en suspensión (de 2.000 a 10.000 h-e) | 60mg/l | 70 % |

Tabla 2.1 Requisitos de los vertidos de aguas residuales urbanas.

Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje (sistema de depuración elegido el cual se explicará en detalle posteriormente) se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberá superar los 150 mg/l.

Además de los requisitos anteriores las aguas residuales procedentes de zonas sensibles (En el Anexo II se dan los criterios para poder clasificar las zonas en sensibles y menos sensibles.), deberán de cumplir los criterios marcados en la Tabla 2.2.

| Parámetros | Concentración | Porcentaje mínimo de reducción |
|---|---------------|--------------------------------|
| Fósforo total (de 10.000 a 100.000 h-e) | 2 mg/l | 80 % |
| Fósforo total (más de 100.000 h-e) | 1 mg/l | 80 % |
| Nitrógeno total (de 10.000 a 100.000 h-e) | 15 mg/l | 70-80 % |
| Nitrógeno total (más de 100.000 h-e) | 10 mg/l | 70-80 % |

Tabla 2. 2 Requisito de los vertidos de aguas residuales urbanas en zonas sensibles.



2.3 Problemática a la que responde el proyecto

Según la directiva Europea 91/271/CEE y los Reales Decretos por los cuales entró en vigor en España, las poblaciones de menos de 2.000 habitantes-equivalentes tienen la obligación de dar un tratamiento adecuado a sus aguas residuales urbanas antes de ser devueltas a su cauce natural; en España unos 6.000 municipios de los 8.000 existentes cuentan con menos de 2.000 habitantes, lo cual quiere decir que aproximadamente el 70 o 75% de los municipios españoles están obligados a depurar. En zonas como Andalucía o Canarias el porcentaje de núcleos de población menores de 2.000 habitantes supera el 80% y no solo ocurre esto en España sino que en Europa en países como Portugal, concretamente en el norte de Portugal las aglomeraciones urbanas de menos de 500 habitantes superan el 75% [1].

Estos municipios deben adecuarse a la normativa vigente tratando sus aguas residuales antes de ser vertidas a su cauce natural, para de esta manera conservar en la medida de lo posible los recursos de agua dulce del planeta y evitar la contaminación hídrica.

Las depuradoras para el tratamiento de aguas residuales de estos municipios no pueden ser tratados como modelos a escala de las instalaciones de depuración de las grandes aglomeraciones urbanas, debido a que esto repercutiría en un coste de mantenimiento y explotación excesivo para estos municipios con escaso presupuesto, lo cual sería insostenible para ellos, por lo que habrá que recurrir a técnicas de depuración que impliquen un menor coste económico y tengan un funcionamiento sencillo.

Como respuesta a esta problemática, en este proyecto se da un enfoque distinto al diseño de depuradoras para pequeñas aglomeraciones urbanas, recurriendo a sistemas de depuración naturales, que imitan los procesos de autodepuración del agua por lo que no necesitan un gasto energético significativo e intentando simplificar al máximo el funcionamiento de las E.D.A.R, suprimiendo en la medida de lo posible, los accionamientos mecánicos, los automatismos, y el uso de tecnología que implique personal cualificado.



2.4 Estudios previos

Como estudio previo realizaremos la valoración de las necesidades de depuración de las aguas residuales en la localidad de Hormigos junto con el análisis de alternativas para obtener las valoraciones cuantitativas de las necesidades de depuración de la localidad.

2.4.1 Hormigos

La descripción de las características geográficas, poblacional y actividades primaria e industrial nos permitirán determinar mejor los requisitos para la construcción de la planta de aguas residuales. Los datos indicados a continuación han sido facilitados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Hormigos.

2.4.1.1 Situación

Hormigos es una población rural de España situada en la comunidad de Castilla la Mancha, concretamente en la provincia de Toledo, perteneciente a la comarca de Torrijos y se encuentra a 52 km de la capital (Toledo).

Sus coordenadas son: 40°5'50"N 4°26'56"O, y esta a una altitud de 457 msnm, tiene una extensión de 28 km² y una población de 434 habitantes, por tanto una densidad poblacional de 15,5 hab. /km².

2.4.1.2 Grado de industrialización

Hormigos cuenta con una población rural dedicada a la agricultura y oficios derivados de la construcción y en la localidad no se desarrolla ningún tipo de actividad industrial relevante. La actividad comercial se reduce a tres tiendas de comestibles y productos para el hogar, un estanco, tres bares, dos almacenes de materiales de construcción y una pequeña herrería. El ganado de las explotaciones familiares fue trasladado fuera de los límites urbanos hace diez años por ordenanza municipal.



2.4.2 Caracterización de las aguas residuales

Para cuantificar el grado de contaminación del agua y la cantidad de agua a tratar en la estación depuradora es necesaria la caracterización de las aguas residuales.

Ante la imposibilidad de un estudio de campo, debido al elevado coste económico, para caracterizar las aguas residuales vamos a basar nuestros datos en los de otro proyecto anterior, también referido a la población de Hormigos,

El proyecto al que hacemos referencia, data del año 1997 [3] e igual que el que nos compete actualmente trata sobre el diseño de una E.D.A.R en la localidad, aunque no se llevo a cabo por su elevado coste de ejecución, mantenimiento y explotación, nosotros utilizaremos los datos referidos a la caracterización del agua.

2.4.2.1 Proyecto previo 1997

El proyecto previo al que hace referencia este apartado fue realizado por la empresa CYP, por Juan José Martínez Marín (Ing. de Caminos), Pedro Antonio Siles y P. de Junguitu (Ing. de Caminos) y José Luis Zamora Frías (Ing. Téc. Obras Públicas), a petición del ayuntamiento de Hormigos.

Los siguientes datos extrapolados de este proyecto referidos al agua residual, caudales, niveles de DBO₅, Sólidos en Suspensión y habitantes equivalentes, nos servirán para caracterizar las aguas residuales [3].

- Población: 396 habitantes
- Caudal medio invierno: 111,60 m³/día
- Caudal medio verano: 370 m³/día
- DBO₅: 246,25 mg/l
- Sólidos en Suspensión: 224 mg/l
- Habitantes equivalentes invierno: 458 he
- Habitantes equivalente verano: 610 he
- Dotación: 243,67 litros/he x día



2.4.2.2 Actualización datos proyecto previo

Supondremos como base de partida que el caudal de agua que llega a la E.D.A.R debido a cada habitante se mantiene constante, es decir que los habitantes actuales consumen el mismo agua que los del año 1997, una simplificación claramente justificable, porque a pesar del aumento de población no se han creado comercios nuevos ni ningún tipo de negocio que pueda aumentar el consumo del pueblo de manera considerable, basándonos en el mismo principio podemos decir que la contaminación que lleva el agua (DBO₅ y SS) se mantiene también constante con respecto al número de habitantes, por lo que nos quedarían los siguientes datos:

| Datos | 1997 | Datos por habitante | 2010 |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Caudal medio invierno | 111,60 m ³ /día | 0,28 m ³ /día x habitante | 121,52 m ³ /día |
| Caudal medio verano | 98,95 m ³ /día | 0,25 m ³ / día x habitante | 108,5 m ³ /día |
| DBO ₅ invierno | 246,25 mg/l | 0,625 mg/ l x habitante | 271,25 mg/l |
| DBO ₅ :verano | 370 mg/l | 0,94 mg/ l x habitante | 407,96 mg/l |
| Sólidos en Suspensión | 224 mg/l | 0,568 mg/l x habitante | 246,74 mg/l |

Tabla 2.3 Datos contaminación agua residual Hormigos 2010.

HABITANTE EQUIVALENTE.

Según la definición del Real Decreto-ley 11/1995, un habitante equivalente es “la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅), de 60 gramos de oxígeno por día”.

El número de habitantes equivalentes se utiliza para valorar el grado de contaminación del agua, ya que este concepto aúna la contaminación debida a las personas, industrias, vertidos ganaderos o de cualquier otra índole basándolo en la carga orgánica media debida a una persona (60g DBO₅/día).

Basándonos en los datos actualizados del proyecto del 97 vamos a calcular los habitantes equivalentes de la localidad de Hormigos en la actualidad.



INVIERNO

La DBO₅ media es de 271,25 mg/l, (271,25 g/m³), el caudal medio es de Q = 121,52 m³/día por lo que la contaminación es 271,25 x 121,52 = 32.962 gramos.

La relación $\frac{32.962}{60} = 549$ habitantes equivalentes.

VERANO

La DBO₅ media es de 407,96 mg/l (407,96 g/m³), el caudal medio es de Q = 108,5 m³/día por lo que la contaminación es 407,96 x 108,5 = 51.099 gramos.

La relación $\frac{51.099}{60} = 852$ habitantes equivalentes.

2.4.3 Estudio climatológico

Algunos sistemas de depuración naturales dependen del clima, su rendimiento óptimo depende de unas condiciones climatológicas concretas, por eso vamos a realizar un estudio climatológico, para determinar qué tipo de clima se da en la zona y posteriormente elegir el *sistema de depuración natural* que mejor se adapte tanto a las necesidades del pueblo como a las condiciones climáticas.

Los datos climáticos se han obtenido de la agencia estatal de meteorología, concretamente de la estación de Toledo (516 msnm, coordenadas: 39° 53' 05" N 04° 02' 58" O) por ser la más próxima a la población que nos ocupa [4].



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| Mes | T | TM | Tm | R | H | DR | DN | DT | DF | DH | DD | I |
|------------|------|------|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Enero | 6.4 | 11.2 | 1.6 | 28 | 78 | 6 | 0 | 0 | 8 | 12 | 7 | 150 |
| Febrero | 8.3 | 13.6 | 3.0 | 28 | 72 | 5 | 0 | 0 | 4 | 6 | 6 | 164 |
| Marzo | 11.0 | 17.1 | 4.8 | 25 | 62 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 6 | 222 |
| Abril | 12.9 | 18.8 | 6.9 | 41 | 62 | 7 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 238 |
| Mayo | 16.9 | 23.1 | 10.8 | 44 | 59 | 7 | 0 | 3 | 1 | 0 | 4 | 276 |
| Junio | 22.1 | 29.0 | 15.2 | 28 | 50 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 | 9 | 317 |
| Julio | 26.0 | 33.6 | 18.5 | 12 | 44 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 17 | 369 |
| Agosto | 25.7 | 33.1 | 18.3 | 9 | 44 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 16 | 345 |
| Septiembre | 21.6 | 28.4 | 14.8 | 22 | 54 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 256 |
| Octubre | 15.6 | 21.4 | 9.9 | 38 | 67 | 6 | 0 | 1 | 3 | 0 | 6 | 203 |
| Noviembre | 10.2 | 15.3 | 5.2 | 40 | 76 | 6 | 0 | 0 | 8 | 3 | 6 | 155 |
| Diciembre | 7.3 | 11.5 | 3.0 | 44 | 81 | 6 | 0 | 0 | 8 | 8 | 5 | 120 |
| Año | 15.4 | 21.4 | 9.3 | 357 | 62 | 56 | 2 | 15 | 34 | 33 | 95 | 284 |

Tabla 2.4 Datos climatológicos de Toledo año 2009.

Leyenda

T Temperatura media mensual/anual (°C)

TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)

Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)

R Precipitación mensual/anual media (mm)

H Humedad relativa media (%)

DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm

DN Número medio mensual/anual de días de nieve

DT Número medio mensual/anual de tormenta

DF Número medio mensual/anual de niebla

DH Número medio mensual/anual de helada

DD Número medio mensual/anual de despejados

I Número medio mensual/anual de horas de sol

Los datos climatológicos, coinciden con un clima mediterráneo continental de régimen térmico cálido y húmedo.



2.5 Estudio alternativas

En este apartado vamos a estudiar las posibles soluciones para la depuración de aguas residuales en el municipio de Hormigos, en primer lugar hablaremos sobre los distintos tipos de E.D.A.R que existen, y definiremos en líneas generales que es una E.D.A.R, y como funciona, en segundo lugar compararemos los sistemas de depuración naturales con los sistemas de depuración convencionales y por último haremos un pequeño análisis de los sistemas de depuración naturales.

2.5.1 Tipos de E.D.A.R

Atendiendo a la técnica de tratamiento utilizada (extensivas o intensivas) las E.D.A.R's se pueden dividir en E.D.A.R convencional, que utilizan técnicas intensivas (necesitan poca superficie y tiempos de retención pequeños) y Sistemas de Depuración Natural, que utilizan técnicas de tratamiento extensivo (necesitan mucha superficie y unos tiempos de retención altos en comparación con los sistemas intensivos).

2.5.1.1 Sistemas de Depuración Natural (SDN)

Estos sistemas se basan en reproducir los procesos de autodepuración del agua bajo condiciones especiales. La eliminación de las sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales se produce por componentes del medio natural, no empleándose en el proceso ningún tipo de aditivo químico, además no utilizan equipos mecánicos o eléctricos, por lo que requieren poco gasto de instalación y mantenimiento, y son adecuados para zonas con pocos recursos económicos.

2.5.1.2 E.D.A.R convencional

La depuración se produce por medio de un conjunto de mecanismos existentes en las estaciones depuradoras que realizan una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, combinados o aislados, con el fin de conseguir una concentración optima de



los contaminantes presentes en el agua residual, de forma que estos puedan ser eliminados o reducidos y se devuelva al receptor agua con alteraciones mínimas.

Estos sistemas requieren de equipos mecánicos, que consumen energía y necesitan operarios cualificados para su mantenimiento y correcto funcionamiento.

2.5.2 E.D.A.R

La función básica de una EDAR es, recoger y tratar las aguas residuales. Existen varios tipos de aguas residuales dependiendo de su procedencia.

Según el Manual de Depuración Uralita [5] las aguas residuales se dividen en:

- **Aguas pluviales:** Son las aguas de la escorrentía superficial provocada por la precipitación atmosférica.
- **Aguas blancas:** Son las aguas procedentes de la escorrentía superficial y de drenajes.
- **Aguas negras o urbanas:** Son las recogidas en las aglomeraciones urbanas procedentes de los vertidos de la actividad humana domestica.
- **Aguas industriales:** Aguas procedentes de la actividad industrial.
- **Aguas agrarias:** Son aguas procedentes de la actividad agrícola o ganadera.

En una EDAR se pueden diferenciar entre 2 y 3 líneas de funcionamiento[5]., que se diferencian por los elementos que tratan. Dichas líneas son: la línea de agua, la línea de fangos y la línea de gas (existente si se aplica un tratamiento de digestión anaerobia al fango).

2.5.2.1 Línea de agua

Los tratamientos que se realizan en la línea de agua de una EDAR se pueden clasificar según el nivel de tratamiento en:

- Pretratamiento.
- Tratamiento Primario.
- Tratamiento Secundario.
- Tratamiento Terciario.



Pretratamiento: Son aquellos procesos de depuración cuyos principios son netamente físicos, sirven para acondicionar el agua para los tratamientos posteriores a través de procesos como:

- Separación de gruesos. El agua pasa a través de unas rejillas que eliminan los residuos de gran tamaño como plásticos, piedras, trapos, etc. que pueden producir averías en procesos posteriores.
- Separación de finos. El agua pasa por unas rejillas finas, menor luz o separación entre barras, o tamices que retienen los sólidos de menor tamaño.
- Desarenadores. El agua pasa a un tanque donde la arena sedimenta gracias a la acción de la gravedad para posteriormente ser evacuada, ya sea manualmente o mediante bombas de succión o tornillos sinfín.
- Desengrasador. Al igual que en el desarenador el agua pasa a un tanque, donde al ser mayor la sección hidráulica aumenta el tiempo de permanencia; una vez allí las grasas y aceites ascienden a la superficie (debido a que tienen menor densidad que el agua) donde son retiradas.

Tratamiento primario: Son una serie de *procesos físico-químicos* a través de los cuales se produce la eliminación del efluente de agua residual de Sólidos en Suspensión, fósforo, metales pesados y DBO₅ (esta solo parcialmente).

Las operaciones realizadas en el tratamiento primario son las siguientes:

- Sedimentación: Separación de sólidos más densos que el agua gracias al efecto de la gravedad.
- Coagulación-floculación: Proceso para favorecer la formación de aglomeraciones de sólidos aumentando el tamaño y de esa manera mejorando la sedimentación.
- Ajuste del pH: Proceso por el cual se neutraliza el agua a depurar mediante la adición de un ácido o una base.
- Precipitación: Adición de reactivos para evitar la solubilización de algunos contaminantes presentes en el agua.

Tratamiento secundario: Son una serie de procesos biológicos que tienen por objetivo la eliminación de DBO₅, esta eliminación se puede dar mediante procesos anaerobios, aerobios o una combinación de ambos.



- Procesos aerobios: los microorganismos utilizan el oxígeno para degradar por oxidación la materia orgánica.
- Procesos anaerobios: la degradación de la materia orgánica se produce en ausencia del oxígeno.

Tratamiento terciario: mediante una serie de procesos físicos, químicos o biológicos avanzados, se eliminan metales pesados, nitrógeno, fósforo, patógenos, etc. Este tipo de tratamiento se utiliza en aguas industriales, casos especiales o en zonas de escasez de agua donde se purifica esta para su reuso.

2.5.2.2 Línea de fangos

A lo largo de los diversos tratamientos del agua se producen unos desechos llamados fangos. El fango inicialmente se caracteriza por su alto contenido en agua y en materia orgánica, fácilmente degradable y que puede dar lugar a la producción de malos olores. Por tales motivos, este fango hay que tratarlo.

A través de la línea de fangos se reduce su volumen eliminando agua y se estabiliza la materia orgánica antes de que se produzca su degradación. Al final del tratamiento el fango estará en condiciones de poderse retirar de la instalación, con las adecuadas garantías sanitarias.

Las diferentes fases o etapas de la línea de fangos son:

- **Espesamiento.**

Tiene por finalidad incrementar la concentración del fango por eliminación de agua, reduciendo el volumen de los mismos de cara a su tratamiento en los procesos posteriores.

Los métodos de espesamiento más habituales son el de gravedad y el de flotación, siendo este último más apropiado para los fangos de procedencia biológica.

- **Estabilización**

La estabilización consiste en la reducción de un porcentaje importante de la materia orgánica contenida en el fango. Los procesos más habituales son la digestión anaerobia y aerobia.

La digestión anaerobia es un proceso que se desarrolla en ausencia de oxígeno y mediante el cual la materia orgánica se transforma en CH_4 y CO_2 . Debido al poder calorífico del gas metano se utiliza como combustible para mantener una temperatura



adecuada en el proceso de digestión y en instalaciones grandes para alimentar moto-generadores que produzcan energía eléctrica.

La digestión aerobia, al contrario que la anaerobia, se basa en suministrar oxígeno al fango, de tal forma que los microorganismos al metabolizar su propia masa celular producen la oxidación de las materias biodegradables contenidas en los fangos.

• **Deshidratación**

Este proceso tiene como finalidad eliminar agua del fango estabilizado, de tal forma que adquiera una consistencia más o menos sólida y permita su retirada de la instalación para su uso posterior o para su disposición en vertedero.

Los sistemas más habituales de deshidratación son las eras de secado, filtros banda, centrifugas y filtros prensa.

Cada vez es más habitual que debido a costes de transporte y de vertedero, haya que recurrir a procesos de deshidratación y secado potentes que eliminan prácticamente toda el agua contenida en el fango. Este es el caso de los secadores térmicos, lógicamente el coste energético es elevado ya que están basados en la evaporación del agua contenida en el fango, por lo que lo habitual es que su instalación esté reducida a depuradoras grandes, donde el gas de digestión se puede utilizar como combustible del secador.

• **Evacuación final**

Transporte de los fangos a vertederos autorizados.

En algunos Sistemas de Depuración Natural como el lagunaje, debido a la escasa producción de fangos y a la alta mineralización de los mismos, los fangos producidos son fácilmente manipulables, por lo que no sería necesario tratarlos antes de la evacuación final.

2.5.3 Depuración de aguas residuales en entornos rurales y en pequeñas aglomeraciones urbanas

La mayoría de los sistemas de depuración que se desarrollan están enfocados a grandes núcleos urbanos, donde lo que prima es ocupar la menor superficie posible, que el tiempo de depuración sea mínimo y el grado de depuración sea máximo, sin embargo en el proyecto que nos ocupa la implantación del sistema de depuración se va a realizar en una pequeña aglomeración urbana, en un entorno rural, por lo que es conveniente



estudiar previamente que características especiales tiene el agua residual en este tipo de localizaciones, y que requisitos deben cumplir los sistemas de depuración a implantar en estos entornos.

2.5.3.1 Características especiales de las aguas residuales urbanas en las pequeñas aglomeraciones y entornos rurales

Debido a su actividad económica y social, el agua residual generada en pequeñas aglomeraciones urbanas y entornos rurales tiene unas características que las hacen distintas a las generadas en los grandes núcleos urbanos y que hacen que deban ser tratadas de manera distinta [1].

- Las dotaciones de abastecimiento (litros de agua consumida/habitante) son menores, lo que provoca que la concentración de contaminantes en el caudal de agua sea alta, debido a la poca dilución de los mismos.
- La relación caudal medio/caudal punta varía notablemente con la población, cuanto más pequeña es la población mayor es esta relación.

2.5.3.2 Problemática de la depuración en pequeñas aglomeraciones urbanas

Las pequeñas aglomeraciones urbanas por su propia localización y grado de desarrollo presentan una problemática específica que dificulta la implantación de sistemas de depuración [1].

- Dificultad de unificar redes de saneamiento, debido a la geografía y la alta inversión, para crear una sola E.D.A.R para varios municipios cercanos.
- Al no poder aprovechar las ventajas de la economía de escala el coste de implantación, mantenimiento y explotación por habitante es muy elevado.
- Escasa capacidad técnica para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y explotación por parte de los municipios.

Estas razones hacen que a la hora de la implantación de un sistema de depuración en un entorno rural o en una pequeña aglomeración urbana se tengan que tener en cuenta varias cosas:

- Mínimo o nulo gasto energético.
- Mantenimiento y explotación simples.



- Funcionamiento eficaz frente a grandes variaciones del caudal.

2.5.4 E.D.A.R convencionales vs Sistemas de Depuración Natural

A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes de cada uno para así elegir el tipo de E.D.A.R más conveniente para el municipio de Hormigos.

2.5.4.1 Sistemas de Depuración Natural

VENTAJAS

Al carecer de equipos mecánicos el consumo energético es muy pequeño o nulo y no necesita mano de obra cualificada.

Respuesta eficaz ante variaciones de caudal, compensan el aumento del caudal con un aumento en los tiempos de retención.

La generación de lodos es escasa, y en algunos sistemas como el lagunaje los lodos producidos pueden ser utilizados directamente como abono.

INCONVENIENTES

Al ser un sistema extensivo necesita mucho terreno y los tiempos de retención son elevados.

2.5.4.2 E.D.A.R convencional

VENTAJAS

Los tiempos de retención son muy pequeños y necesitan poca superficie, puesto que utilizan técnicas de depuración intensivas.

INCONVENIENTES

Debido a su alto grado de tecnificación (necesitan equipos mecánicos para su correcto funcionamiento), tienen un consumo energético elevado, y se necesitan operarios cualificados para su explotación y mantenimiento.

Una vez expuestas las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de E.D.A.R y basándonos en las condiciones que debe cumplir una E.D.A.R cuando es implantada en



un medio rural, llegamos a la conclusión que los sistemas de depuración natural son más apropiados para su implantación en medios rurales, que es lo que en este caso nos ocupa.

2.5.5 Tipos de Sistemas Depuración Natural

La elección del tipo de sistema de depuración depende de su adaptación a las necesidades del proyecto; por ello a continuación compararemos las diferentes tecnologías para ver cual se ajusta mejor.

Para intentar simplificar el modelo que implantaremos, previamente vamos a descartar tecnologías que necesiten tratamientos posteriores como los Tanques Imhof y las Fosas Séptica, y los sistemas de aplicación al suelo como zanjas filtrantes, lechos filtrantes etc., los cuales necesitan tratamientos previos, puesto que la necesidad de tratamientos previos o posteriores implicaría implantar tecnologías distintas para dichos tratamientos con el consiguiente coste económico y la dificultad de mantenimiento y explotación de varios sistemas de depuración.

Las descripciones de las tecnologías que se redactan a continuación han sido proporcionadas por el proyecto Depuranat [1].

2.5.5.1 Humedales artificiales

Los Humedales Artificiales se basan en la utilización de plantas emergentes para la depuración de las aguas residuales, reproduciendo artificialmente las condiciones propias de las zonas húmedas naturales.

Las plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, aneas, etc.), son plantas anfibias que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo, que presentan una elevada productividad y que toleran bien las condiciones de falta de oxígeno que se producen en suelos encharcados, al poseer canales o zonas de aireación (aerénquima), que facilitan el paso del oxígeno (producido por fotosíntesis) hasta las raíces.

Los mecanismos por los que las plantas emergentes contribuyen a la depuración de las aguas residuales se basan en los principios siguientes:



- Eliminación de sólidos en suspensión: tiene lugar, principalmente, por fenómenos de filtración a través del conjunto que forman el sustrato (sobre el que crecen las plantas) y las raíces.
- Eliminación de materia orgánica: se basa en la acción de microorganismos (principalmente bacterias), que en estos sistemas presentan actividades y desarrollos muy elevados. Las plantas actúan como sistema de aireación, suministrando, a través de sus raíces, el oxígeno necesario para las bacterias que viven en el sustrato, responsables de la degradación aerobia de la materia orgánica.

En zonas profundas pueden darse condiciones de ausencia de oxígeno produciéndose degradaciones anaerobias.

- Eliminación de nitrógeno: se lleva a cabo por diferentes vías:
 - Absorción directa por las plantas.
 - Procesos de nitrificación-desnitrificación, que se ven favorecidos por la existencia de zonas aerobias y anaerobias.
- Eliminación de fósforo: se produce mediante:
 - Absorción directa por las plantas.
 - Fenómenos de adsorción sobre los componentes del suelo.

En el caso del fósforo tiene menor importancia la absorción del mismo por las plantas, siendo los fenómenos físico-químicos de adsorción y precipitación, los que juegan el papel principal en su reducción.

- Eliminación de patógenos: se logra por diferentes mecanismos, destacando entre ellos:
 - La adsorción sobre las partículas del sustrato.
 - La toxicidad que sobre los organismos patógenos ejercen los antibióticos producidos por ciertas sustancias segregadas por las raíces de las plantas.



- La acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

Dentro de los Humedales Artificiales se distinguen tres modalidades principales:

- Humedales Artificiales de Flujo Libre
- Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal
- Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical

Humedales Artificiales de Flujo Libre. Este tipo de Humedales, que se puede emplear tanto como tratamiento secundario como tratamiento avanzado de las aguas residuales, consta de un conjunto de balsas o canales paralelos, con vegetación emergente (aneas, carrizos, juncias, juncos, etc.) y niveles de agua poco profundos (0,1-0,6 m).

Generalmente, se alimentan de forma continua con agua residual pre-tratada, depurándose las aguas en su tránsito a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente implantada.

Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal. En este tipo de Humedales (que también puede emplearse como tratamiento secundario o avanzado), el agua residual pre-tratada fluye a través de un medio poroso (arena, grava), confinado en un canal impermeable, y en el que se implanta vegetación emergente, generalmente carrizo (*Phragmites australis*). El sentido de flujo es horizontal.

Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical. En este tipo de Humedales, las aguas residuales, generalmente procedentes de un Tanque Imhoff o Fosa Séptica, se alimentan superficialmente. Las aguas percolan verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas), y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del Humedal, que conecta con chimeneas de aireación. La alimentación al Humedal se efectúa de forma intermitente, para preservar al máximo las condiciones aerobias. El influente que se aplica a los Humedales Artificiales se somete, generalmente, a un pre-tratamiento (rejas de desbaste y desengrasado) y un tratamiento primario (habitualmente en Tanques Imhoff).



2.5.5.2 Lagunaje

Una instalación de depuración mediante la tecnología de Lagunaje es un medio artificial (balsas, conducciones, etc.), diseñado para lograr, de forma controlada, los procesos autodepuradores que tienen lugar en la naturaleza en ríos y lagos.

Generalmente, los Lagunajes cuentan con una serie de lagunas, de distintas características (Anaerobias, Facultativas y de Maduración), dispuestas en serie.

En las Lagunas Anaerobias, debido a las altas cargas que soportan, imperan condiciones de ausencia de oxígeno, por lo que los microorganismos que en ellas viven son principalmente bacterias anaerobias.

Las Lagunas Facultativas presentan tres estratos claramente diferenciados: uno inferior anaerobio, el superior aerobio (gracias a la actividad fotosintética de las microalgas y a fenómenos de reaeración superficial) y uno intermedio en el que se dan unas condiciones muy variables, y en el que predominan bacterias de tipo facultativo (aerobias/anaerobias), que son las que dan nombre a este tipo de lagunas.

En las Lagunas de Maduración, al soportar bajas cargas orgánicas, y darse en ellas condiciones propicias para la penetración de la radiación solar, (aguas relativamente claras y poco profundas), adecuadas para el desarrollo de microalgas, predominan las condiciones de suficiencia de oxígeno y, en consecuencia, habitan en ellas microorganismos heterótrofos aerobios.

Ventajas

- Bajo coste de inversión (sobre todo si el terreno es suficientemente impermeable) y facilidad constructiva
- Consumo energético nulo, si el agua a tratar puede llegar por gravedad a la depuradora Ausencia de averías mecánicas al carecer de equipos mecánicos.
- Escaso y simple mantenimiento, que se limita a retirar los residuos del pre-tratamiento y a mantener la superficie de las lagunas libre de flotantes para evitar la proliferación de mosquitos.
- Escasa producción de fangos, experimentando éstos una alta mineralización, a consecuencia de los elevados tiempos de retención con los que se opera, lo que facilita enormemente su manipulación y evacuación.



- Gran inercia, lo que permite una fácil adaptación a cambios de caudal y de carga orgánica. Alto poder de destrucción de microorganismos patógenos.

Inconvenientes

- Precisa grandes extensiones de terreno para su implantación, dependiendo estrechamente de las condiciones climáticas, la implantación de este sistema de depuración puede verse limitada en zonas frías o de baja radiación solar. Las Lagunas Anaerobias desprenden olores desagradables, por lo que deben situarse en lugares alejados de las zonas habitadas

Rendimiento

| Parámetro | Porcentaje de eliminación (%) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Sólidos de suspensión | 40 - 80 |
| DBO ₅ | 85 - 95 |
| N | 40 - 80 |
| P | 30 - 60 |
| Coliformes Fecales | 90 - 99 |

Tabla 2.5 Rendimiento eliminación E.D.A.R por lagunaje

2.5.5.3 Filtros de turba

El sistema de depuración mediante Filtros de Turba se fundamenta en la filtración de las aguas residuales a través de lechos que emplean turba como material filtrante.

La depuración de las aguas se consigue gracias a la combinación de una serie de acciones:

- Acciones físicas: la turba en función de su granulometría y porosidad ejerce una acción de filtro mecánico, reteniendo en los primeros centímetros de espesor la mayor parte de los sólidos en suspensión que no han sido eliminados previamente.



- Acciones químicas: basadas fundamentalmente en la elevada capacidad de adsorción de la turba y en las reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar a consecuencia de la alternancia encharcamiento-aireación, que se suceden a lo largo de los ciclos operativos.
- Acciones biológicas: en la turba se desarrollan diferentes especies de microorganismos, entre los que predominan las bacterias, que intervienen en la descomposición de la materia orgánica aportada por el agua residual y en el reciclaje de los elementos nutritivos.

Los Filtros de Turba están constituidos por recintos en los que se disponen una serie de capas filtrantes, cuya composición de arriba hacia abajo suele ser: turba, arena, gravilla y grava. La acción de depuración se realiza en la capa de turba, mientras que el resto de los estratos empleados no tienen más función que retener al inmediato superior y favorecer el drenaje del agua.

El influente que se aplica a los Filtros de Turba debe someterse previamente a unos procesos de desbaste y eliminación de grasas. Asimismo, para evitar una rápida colmatación de los poros de la turba es conveniente que el influente pase previamente por unos tamices, o bien, sufran una decantación-digestión. Todas estas operaciones adquieren gran importancia al fundamentarse esta tecnología de depuración en procesos de filtración.

Tras el pretratamiento se efectúa la alimentación de los Filtros mediante una serie de tuberías que reparten el agua, de la forma más homogénea posible, sobre la superficie de los Lechos de Turba.

Los Filtros operan de forma secuencial, hallándose unos en funcionamiento y otros en regeneración, modificándose de forma periódica esta situación. La duración de los ciclos operativos oscila entre 10 y 12 días.

El influente tras su paso por la turba, arena, gravilla y grava, es recogido en unos canales o tuberías de drenaje, desde los que se evacúan hasta la obra de salida.

Por sus menores requisitos de superficie, en relación con las Tecnologías de Filtro Verde, Lagunaje y Humedales Artificiales, los Filtros de Turba suelen ser una solución factible donde el terreno escasee o tenga un precio elevado.

No obstante, esta tecnología no debe aplicarse para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las de grandes aglomeraciones, ya que estos casos se



incrementan y encarecen, notablemente, las operaciones de explotación y mantenimiento.

Ventajas

- Sencillez operativa, puesto que las labores de explotación y mantenimiento se limitan a la regeneración de los lechos agotados (cada 10-12 días), para lo cual, una vez seca la superficie de los mismos se procede, mediante rastrillado a la eliminación de la costra superficial. Tras ello, se cava el Filtro de forma manual o mecánica, en función de sus dimensiones y, por último, se alisa la superficie, quedando el Filtro preparado para el siguiente ciclo de operación.
- Inexistencia de averías al carecer de equipos mecánicos.
- El sistema puede operar sin ningún consumo energético si el agua residual llega por gravedad a la estación de tratamiento.
- No se producen lodos sino una costra seca fácilmente manipulable.
- Capacidad para soportar las oscilaciones de caudal y carga de las aguas a tratar.
- Bajos requisitos de terreno para su implantación.

Inconvenientes

- Dependencia de las condiciones pluviométricas, que inciden sobre los tiempos necesarios para el secado de la costra superficial y, en consecuencia, afectan a la superficie necesaria de los lechos. Una pluviometría muy elevada invalida la implantación de esta tecnología.
- Mayor necesidad de mano de obra que otras Tecnologías no Convencionales, al tener que procederse al final de cada ciclo de filtración a la regeneración de los filtros agotados necesidad de proceder a cambiar la turba cada 8-10 años de operación.



Rendimiento

| Parámetro | Porcentaje de eliminación (%) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Sólidos de suspensión | 80 - 90 |
| DBO ₅ | 75 - 85 |
| N | 30 - 50 |
| P | 15 - 35 |
| Coliformes Fecales | 90 - 99 |

Tabla 2.3

2.5.5.4 Contactores Biológicos Rotativos

Los Contactores Biológicos Rotativos (CBR) son sistemas de tratamiento de las aguas residuales en los que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica se hallan adheridos a un material soporte, que gira semisumergido en el agua a depurar.

Al girar lentamente, el soporte expone su superficie alternativamente al agua y al aire. Sobre el soporte se desarrolla, de forma natural y gradualmente, una película de biomasa bacteriana que emplea como sustrato la materia orgánica soluble presente en el agua residual y que toma el oxígeno necesario para su respiración del aire atmosférico, durante la fase de emersión.

El crecimiento de la película continúa hasta que llega un momento en que su espesor es tal, que se ve muy dificultada la difusión de oxígeno hasta las capas bacterianas más profundas. En estas condiciones el esfuerzo cortante, producido por la rotación del soporte en el seno del líquido, es suficiente para producir su desprendimiento.

Una vez desprendida la porción de película bacteriana comienza en ese lugar el crecimiento de nueva biomasa, y así indefinidamente, regulándose el espesor de la biopelícula de forma natural.



La biomasa desprendida se separa del efluente depurado en la etapa de decantación, que sigue al tratamiento biológico.

Dentro de los CBR cabe distinguir entre Biodiscos y Biocilindros. En los Biodiscos el soporte para la fijación bacteriana está constituido por un conjunto de discos de material plástico de 2 a 4 m de diámetro. Los discos se mantienen paralelos y a corta distancia entre ellos gracias a un eje central que pasa a través de sus centros.

Los Biocilindros constituyen una modificación del sistema de Biodiscos, en ellos el rotor es una jaula cilíndrica perforada, que alberga en su interior un relleno de material plástico, al que se fija la biomasa bacteriana.

Las plantas diseñadas para operar con sistemas de Contactores Biológicos Rotativos no difieren en mucho en su esquema de las que emplean Tecnologías Convencionales. Los tratamientos previos (desbaste, desarenado, desengrasado) y primarios (decantación) son similares, si bien, en las pequeñas instalaciones se puede sustituir el tratamiento primario por sistemas de tamizado, Tanques Imhoff o Lagunas Anaerobias.

Tras el pretratamiento y el tratamiento primario, las aguas ingresan en las cubas que albergan a los contactores. Tras un tiempo de permanencia, las aguas depuradas y la biomasa desprendida del soporte, pasan a la etapa de decantación, en la que, por gravedad, se procede a la separación de ambas.

Las aguas depuradas constituyen el efluente final del proceso, mientras que la biomasa decantada da lugar a los lodos, que precisan ser estabilizados y deshidratados, como pasos previos a su disposición final.

Los CBR operan bajo cubierta para evitar daños en la biomasa por la acción de los agentes meteorológicos.

Dados los bajos requisitos de superficie que precisan los CBR para su implantación, se elección se justifica cuando sean escasas la disponibilidades de terreno o el precio del mismo sea elevado.

Al trabajar cubiertos pueden operar en climas fríos, donde las otras tecnologías tienen problemas por la baja actividad bacteriana que se genera en esa situación.



Ventajas

La tecnología de Contactores Biológicos Rotativos presenta frente a los tratamientos convencionales de depuración las siguientes ventajas:

- Menor consumo de energía. No es necesario recircular fangos del decantador secundario a la zona biológica, al ser suficiente la concentración de biomasa bacteriana que se halla adherida al soporte
- Mejor comportamiento ante la presencia de tóxicos, dado que la flora bacteriana no permanece inmersa en el agua de forma continuada, sino que una buena parte del tiempo se encuentra en contacto con el aire, en condiciones de recuperarse. No precisa de un control del nivel de oxígeno disuelto ni de sólidos en suspensión en el reactor biológico. Todo ello hace que la explotación sea más simple.
- Facilidad de construcción gradual. Al tratarse de un proceso de construcción modular se puede efectuar la ampliación gradual del mismo en función de las necesidades de depuración.
- No se forman aerosoles, con lo cual se evita la inhalación de micro gotas de agua por parte de los operarios. Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada
- Al estar generalmente ubicadas las unidades de CBR en recintos cubiertos se mantiene una temperatura más elevada en el agua a depurar con lo que se mejora el rendimiento en períodos fríos.
- Con relación a las Tecnologías no Convencionales presentan menores requisitos de superficie para su implantación.

Inconvenientes

- Costes de instalación elevados.
- Generación de lodos en el proceso, que deben ser estabilizados antes de su vertido. Con relación a las Tecnologías no Convencionales presentan mayores consumos energéticos y una mayor complejidad de explotación y mantenimiento.



Rendimiento

| Parámetro | Porcentaje de eliminación (%) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Sólidos de suspensión | 80 - 90 |
| DBO ₅ | 80 - 90 |
| N | 20 - 35 |
| P | 10 - 30 |
| Coliformes Fecales | 80 - 90 |

Tabla 2.6 Rendimiento eliminación contactores biológicos rotativos.

2.5.5.5 Lechos bacterianos

Los Lechos Bacterianos, conocidos también como Filtros Percoladores, constan de una cuba o depósito donde se ubica un relleno de gran superficie específica.

El agua residual, previamente decantada, se distribuye homogéneamente por la parte superior del relleno y, por gravedad, atraviesa el material de relleno.

Paulatinamente, y de forma natural, sobre la superficie del relleno se va desarrollando una película biológica (biofilm). En el discurrir del agua a través del relleno, la materia orgánica presente en la misma se absorbe sobre la película biológica, degradándose en sus zonas externas.

A partir de un determinado espesor del biofilm, este pierde su capacidad de adherirse al material soporte al no alcanzar ni los nutrientes ni el oxígeno las capas más profundas del mismo. Bajo estas condiciones, el agua circulante arrastra la película, comenzando en esta zona la formación de un nuevo biofilm, con lo que se autorregula el espesor de la biopelícula.

La ventilación del Lecho puede ser natural o forzada. La primera (la más frecuente) se produce por el efecto de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del lecho y la segunda mediante equipos mecánicos.

Las plantas diseñadas para operar con sistemas de Lechos Bacterianos no difieren en mucho en su esquema de las que emplean Tecnologías Convencionales. Los tratamientos previos (desbaste, desarenado, desengrasado) y primarios



(decantación) son similares, si bien, en las pequeñas instalaciones se puede sustituir el tratamiento primario por sistemas de tamizado, Tanques Imhoff o Lagunas Anaerobias.

Tras el pretratamiento y tratamiento primario, las aguas ingresan en los Lechos por su parte superior, percolan a través del relleno, donde tiene lugar la depuración y salen por la parte inferior. Las aguas depuradas y la biomasa desprendida del soporte, pasan a la etapa de decantación, en la que, por gravedad, se procede a su separación.

Las aguas depuradas constituyen el efluente final del proceso, mientras que la biomasa decantada da lugar a los lodos, que precisan ser estabilizados y deshidratados, como pasos previos a su disposición.

La tecnología de Lechos Bacterianos es más antigua que la de Lodos Activos, habiéndose extendido su uso en el campo de las pequeñas comunidades debido a la sencillez de su explotación, su adaptabilidad a las fluctuaciones de caudal y carga (típicos de estos núcleos) y a la buena calidad del efluente final.

Ventajas

La tecnología de Lechos Bacterianos presenta frente a los tratamientos de depuración convencionales las siguientes ventajas:

- Menor consumo de energía.
- No precisa de un control del nivel de oxígeno disuelto ni de sólidos en suspensión en el reactor biológico. Todo ello hace que la explotación sea más simple.
- No se forman aerosoles, con lo cual se evita la inhalación de microgotas de agua por parte de los operarios.
- Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada.
- Con relación a los Contactores Biológicos Rotativos, los Lechos Bacterianos presentan menores requisitos energéticos.
- Con relación a las Tecnologías no Convencionales presentan menores requisitos de superficie para su implantación.



Inconvenientes

- Costes de instalación elevados.
- Generación de lodos en el proceso, que deben ser estabilizados antes de su vertido. Con relación a las Tecnologías no Convencionales presentan mayores consumos energéticos y una mayor complejidad de explotación y mantenimiento.

Rendimiento

| Parámetro | Porcentaje de eliminación (%) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Sólidos en suspensión | 80 - 90 |
| DBO ₅ | 80 - 90 |
| N | 20- 35 |
| P | 10 - 35 |
| Coliformes Fecales | 80- 90 |

Tabla 2.7 Rendimiento eliminación lechos bacterianos.

2.5.6 Elección del sistema de depuración

Requisitos a cumplir.

- Normativa vigente sobre depuración de aguas residuales urbanas.

La normativa actual marca unos porcentajes de reducción mínimos de DBO₅ y de SS que nuestra depuradora debe cumplir:

| CONTAMINANTE | PORCENTAJE DE REDUCCIÓN |
|------------------|-------------------------|
| DBO ₅ | 70-90 % |
| SS | 70 % |

Tabla 2.8 Porcentajes de eliminación DBO₅ y SS.



- Mínimo o nulo gasto energético.
- Mínima o nula generación de lodos.
- Funcionamiento eficaz ante variaciones del caudal.

Normativa vigente sobre depuración de aguas residuales urbanas.

Según las especificaciones tecnológicas todos los SDN expuestos anteriormente cumplen con la normativa vigente en cuanto a porcentaje de reducción de DBO₅ y SS.

Mínimo o nulo gasto energético

Cumplen

Humedales Artificiales, Lagunaje, y Filtro de Turba son SDN que no implican gasto energético o que este gasto energético es mínimo.

No Cumplen

Tanto Contactores Biológicos Rotativos como Lechos Bacterianos son SDN que tienen un consumo energético excesivo con relación al resto de SDN, lo cual implicaría un aumento de los costes de explotación de la E.D.A.R y un aumento de los costes de mantenimiento, puesto que este aporte energético que necesitan dichos sistemas sería generado por sistemas auxiliares que necesitarían personal cualificado para su mantenimiento y correcto funcionamiento.

Generación de Lodos

Cumplen

En el Lagunaje la generación de lodos es escasa y los lodos generados son fácilmente manejables, además los lodos producidos pueden ser utilizados directamente como abono, sin ningún tipo de tratamiento previo.

No Cumplen

Tanto Filtros de Turba como Humedales Artificiales generarían lodos en el proceso primario, que habría que tratar previamente para poder manejarlos y evacuarlos, lo que



implicaría un coste adicional además de la consiguiente inversión en infraestructura para los sistemas de tratamiento de lodos.

Respuesta eficaz ante variaciones del caudal

Cumplen

El Lagunaje es un SDN por lo que tendrían una respuesta eficaz ante variaciones del caudal (al imitar los procesos de autodepuración del agua son auto regulables)

CONCLUSIONES

El Lagunaje es el SDN que mejor se adapta al proyecto, puesto que cumple con los requisitos necesarios y además se obtendría un beneficio económico añadido si se comercializaran los lodos generados en el proceso de depuración como abono para uso agrícola.

2.6 Pretratamiento

En España los sistemas de alcantarillado son no segregativos en la mayor parte de los casos, es decir que el agua residual procedente de una casa pasa por el mismo conducto que el agua de las calles que recogen las alcantarillas.

Las aguas debidas a las lluvias arrastran sólidos de gran tamaño, arenas etc. Por este motivo al agua residual que llega a la E.D.A.R hay que darle unos tratamientos previos, a los cuales se les llama pretratamiento.

Estos tratamientos consisten en una serie de operaciones de naturaleza netamente físicas a través de las cuales se eliminan del caudal de agua residual sólidos de gran tamaño (bolsas, palos etc.), sólidos más finos (arenas), grasas y aceites. Con estas operaciones se pretende mejorar el rendimiento de los procesos posteriores y evitar el deterioro de elementos como bombas, medidores de caudal y todos los elementos utilizados en los tratamientos posteriores (primario, secundario y terciario).

2.6.1 Pozo de gruesos



Es el primer elemento de eliminación de sólidos, su función es separar los de mayor tamaño como plásticos, chatarras etc. de otros de menor dimensión como arenas.

El pozo de gruesos es un ensanchamiento del canal de entrada, que provoca una disminución de la velocidad horizontal del agua (velocidad a través del canal), debido a esta disminución de la velocidad horizontal el tiempo de retención aumenta, permitiendo que los sólidos de gran tamaño se depositen en el fondo del pozo de gruesos gracias al efecto de la gravedad. La velocidad horizontal del agua no debe de ser menor de 0,3 m/s para que las arenas sean arrastradas por el agua y así evitar que se depositen en el fondo del pozo de gruesos.

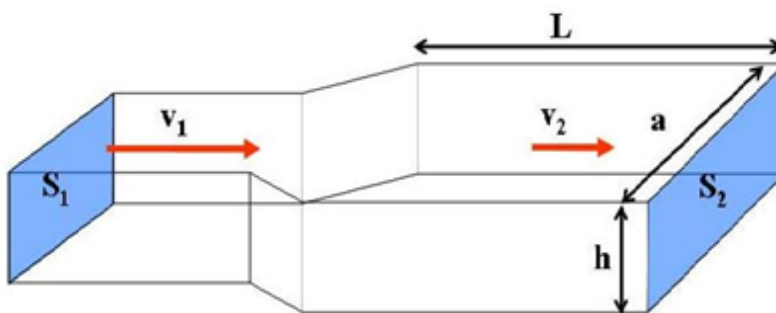


Figura 2.1 Esquema pozo de gruesos.

El tiempo de retención hidráulico está comprendido entre 1 y 4 minutos para facilitar la deposición de sólidos de gran tamaño y evitar la de materia orgánica.

La retirada de los sólidos del fondo del pozo de gruesos suele hacerse mediante cucharas bivalvas unidas a puentes grúa, o manualmente dependiendo del tamaño y del caudal de entrada.

2.6.2 Sistemas de desbaste

El desbaste es un proceso físico, consistente en la interposición de un medio material discontinuo en la dirección del flujo de agua a tratar. El tamaño de la discontinuidad característica, se denomina luz e indica el tamaño máximo de las partículas que podrán atravesar el sistema de desbaste.

Podemos dividir los sistemas de desbaste en rejas y tamices.



2.6.2.1 Rejas de desbaste

Son un sistema de desbaste en el cual los medios materiales que se interponen en el flujo del agua son barras horizontales, y la discontinuidad entre ellos o luz es superior a 1,5 cm.

A la hora de diseñar las rejas de desbaste hay que tener en cuenta varios factores:

Velocidad de paso entre barrotes.

- La velocidad de paso entre barrotes tiene que ser superior a 0,6 m/s e inferior a 1 m/s para evitar el arrastre de los materiales retenidos en las rejas.

Perdida de carga.

- Se entiende por pérdida de carga (h_t) a la diferencia de nivel antes y después de la reja, y es proporcional a la diferencia del cuadrado de la velocidad del agua antes de las rejas y entre ellas.

$$h_t = \frac{1}{0,7} \left[\frac{V^2 - v^2}{2g} \right]$$

h_t = pérdida de carga (m)

V = velocidad entre reja (m/s)

v = velocidad antes de reja (m/s)

g = gravedad (m/s)

0,7= coeficiente empírico

El grado de limpieza de la reja influye directamente en la pérdida de carga, puesto que cuando la reja esta sucia aumenta la velocidad del agua a través de ella y por consiguiente la pérdida de carga. El grado de colmatación máximo de la reja suele ser del 30 % para que la pérdida de carga no aumente en exceso.

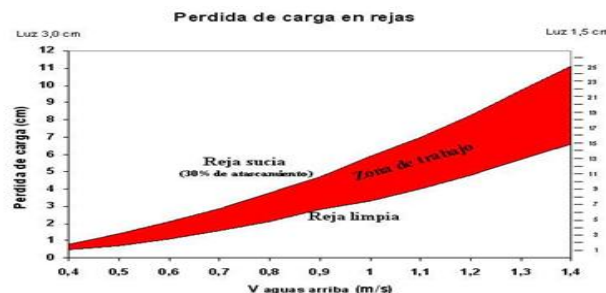


Figura 2.2 Perdidas de carga en rejjas.

Las rejjas de desbaste se pueden clasificar según varios criterios:

Según distancia entre barrotes (luz)

| Tipo | Distancia entre barrotes (cm) |
|-----------------|-------------------------------|
| Reja de finos | Menos de 1,5 |
| Reja de medios | Entre 1,5 y 5 |
| Reja de gruesos | Más de 5 |

Tabla 2.9 Tipos de rejjas.

Según sistema de limpieza:

- Manual.
- Automática.

Según la dirección del flujo del agua con respecto al plano formado por las rejjas

- Horizontal
- Vertical
- Inclinada
- Curva

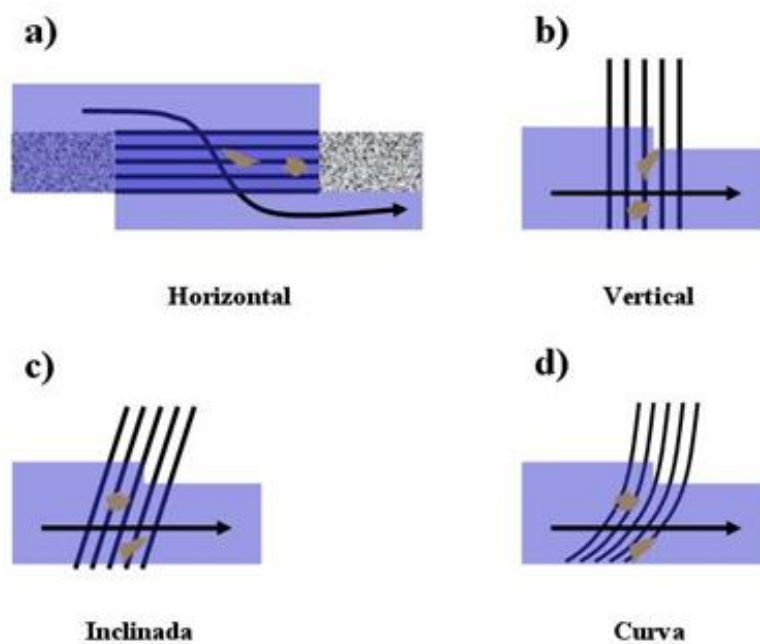


Figura 2.2 Tipos de rejjas.



2.6.3 Desarenador

El desarenador es un sistema diseñado para la eliminación de sólidos de dimensiones superiores a 0,25 mm de diámetro esférico equivalente ($d_{ee} \equiv$ diámetro de una partícula de igual densidad que se comporta hidrodinámicamente como ella) y de densidad 2,65 kg/L (materia inorgánica arrastrada por el agua). Se aumenta el tiempo de retención hidráulica mediante un ensanchamiento de la sección del canal para que los sólidos a eliminar se depositen en el fondo del canal por sedimentación.

El diámetro mínimo de partícula que se va a separar en el desarenador y que llamaremos carga hidráulica (C_H) se calcula a partir de la velocidad de una partícula en el seno de un fluido, que es directamente proporcional a la altura del desarenador e inversamente proporcional al tiempo de retención.

$$\left. \begin{aligned} v_c &= \frac{h}{t_r} \\ Q &= \frac{V}{t_r} \\ V &= L \times a \times h \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_c \equiv C_H = \frac{Q}{L \times a}$$

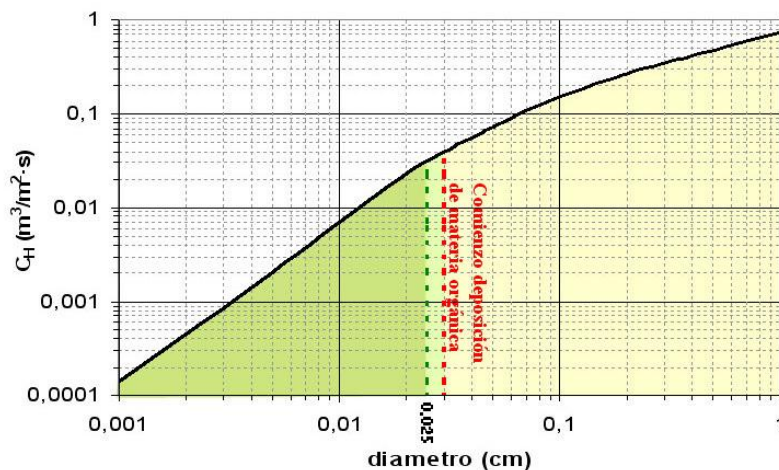


Figura 2.3 Carga hidráulica en función del diámetro.



La velocidad horizontal del agua debe estar comprendida entre 0,3 y 0,06 m/s para evitar que las arenas sean arrastradas por la corriente.

2.6.4 Desengrasador

La separación del aceite y las grasas se realiza en el desengrasador. El desengrasador, permite separar las microscópicas gotas de aceite o gotículas mediante un proceso de flotación.

Las gotículas de grasa de diámetro entorno a los 150 μm ascienden a una velocidad de entre 1 a 4 mm/s, con este rango de velocidades y el caudal de entrada se halla el volumen del desengrasador, en función del diámetro mínimo de gotículas de grasa a eliminar.

Una vez en la superficie del desengrasador las gotículas de grasa pueden ser retiradas manualmente mediante mecanismos diseñados específicamente para este fin.

2.7 Lagunaje

Como ya explicamos anteriormente, la depuración de agua residual mediante lagunaje consiste en la creación de lagunas donde se reproducen los procesos de autodepuración del agua que se dan en la naturaleza (en ríos y lagos).

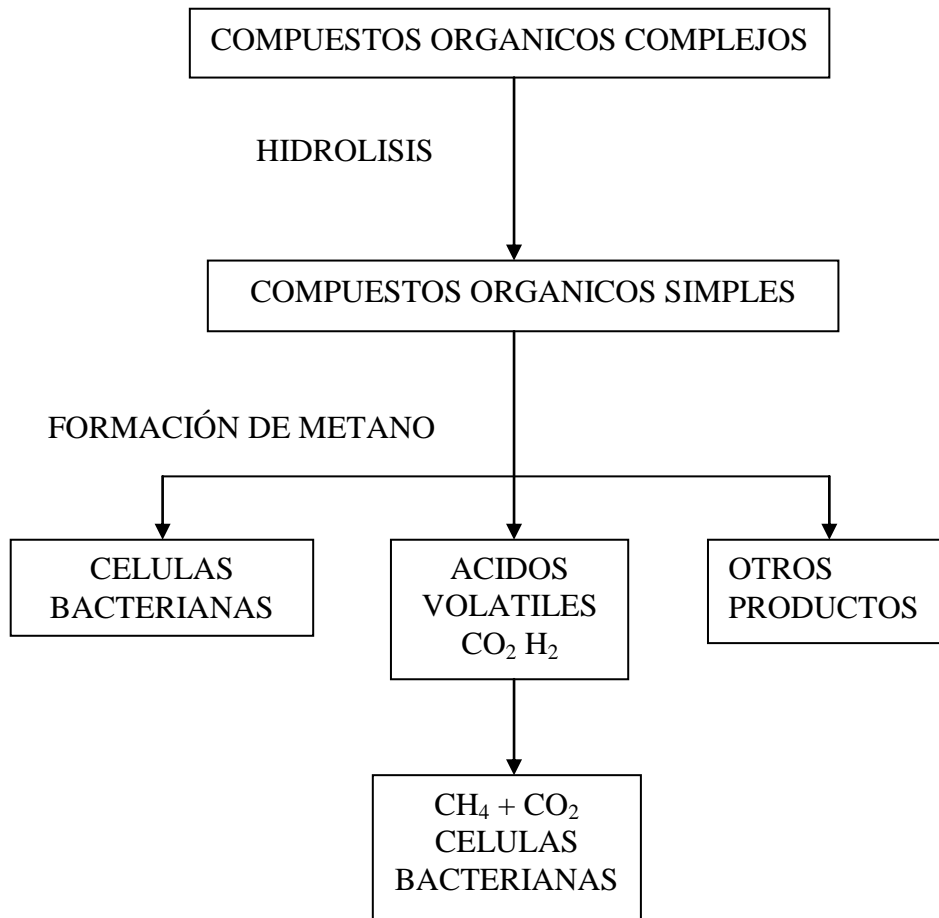
Esto se consigue variando la geometría de la laguna, profundidad, anchura, área, etc., favoreciendo la proliferación de bacterias que eliminan la carga orgánica del agua residual.

2.7.1 Lagunas anaerobias

Las lagunas anaerobias son de poca superficie y profundas, unos 3 o 4 metros de profundidad para poder crear un clima anaerobio que favorezca la aparición de bacterias anaerobias y la decantación de la materia orgánica. Se usan como primera fase del tratamiento de aguas residuales y actúan en serie con lagunas facultativas y de maduración.



La depuración en este tipo de lagunas está basada en la hidrólisis y en la formación de ácidos orgánicos y metano.



2.7.2 Lagunas facultativas

Tienen aproximadamente un metro de profundidad, poseen una zona aerobia en la superficie, otra anaerobia en el fondo y una facultativa en medio.

El lagunaje facultativo está basado en la fotosíntesis, la exposición a la luz por parte de la capa superior de la laguna permite la aparición de algas que producen oxígeno para el mantenimiento y desarrollo de bacterias aerobias que degradan la materia orgánica existente en el agua residual. El gas carbónico y las sales minerales contenidas en el agua residual permiten a las algas multiplicarse, este ciclo se auto mantiene siempre que el sistema reciba luz solar y materia orgánica.



En el fondo de la laguna las bacterias anaerobias degradan los sedimentos procedentes de la decantación de la materia orgánica. A este nivel se produce una liberación de gas carbónico y metano.

2.7.3 Lagunas maduración

Son sistemas estrictamente aerobios, de poca profundidad y mucha superficie, en estas lagunas se eliminan gérmenes patógenos del agua (desinfección) por medio de la luz solar y algún contaminante que pueda quedar en la misma.

Operan como laguna secundaria y se pueden utilizar como complemento a otros sistemas de depuración.



3 E.D.A.R Hormigos



3.1 E.D.A.R Hormigos

En este apartado dimensionaremos nuestra E.D.A.R para que se adecue a la normativa vigente y a las necesidades del municipio, además intentaremos simplificar al máximo su funcionamiento, evitando el uso de bombas en favor de la caída del agua por gravedad, y eligiendo sistemas de funcionamiento manual en lugar de automático, para disminuir costes de mantenimiento y explotación.

Hemos elegido el sistema de depuración por lagunaje por que es el que mejor se adapta a las necesidades del municipio, puesto que su coste operacional es mínimo, y su funcionamiento al igual que su construcción es sencillo.

Para los cálculos nos hemos basado en el libro “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas” de Ricardo Isla de Juana [6].

3.1.1 Pretratamiento

En este apartado dimensionaremos todos los sistemas por los que el agua residual debe pasar antes de entrar en las lagunas (pozo de gruesos, rejas de desbaste, desarenador, desengrasador).

Además de los caudales de agua residual que llegan a la E.D.A.R, también llegaran caudales debido a las lluvias, puesto que el sistema de alcantarillado es no segregativo, por lo que habrá que dimensionar el pretratamiento teniendo en cuenta dicho caudal.

CAUDAL DEBIDO A LA LLUVIA.

Para saber el caudal aproximado que llega a la E.D.A.R debido a la lluvia, hemos cogido datos sobre pluviosidad de la página del instituto nacional de meteorología, de la estación de Toledo por ser la más próxima a Hormigos.

Estación meteorológica de Toledo [4].

Altitud: 516 m – Latitud: 39° 53’ 05’’ N – Longitud: 04° 02’ 58’’ O



| Variable | Anual |
|--|----------------------|
| Máx. núm.de días de lluvias al mes | 23 (Diciembre 1989) |
| Máx. núm. de días de nieve al mes | 3 (Enero 1997) |
| Máx. núm. de días de tormenta al mes | 10 (Junio 1988) |
| Precipitación mensual más alta (l/m ²) | 151,0 (Octubre 2008) |
| Precipitación mensual más baja (l/m ²) | 0,0 (Enero 1983) |

Tabla 3.1 Historial pluviosidad.

Mediante el visor SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas) hemos calculado la extensión aproximada del municipio (parte alcantarillada).

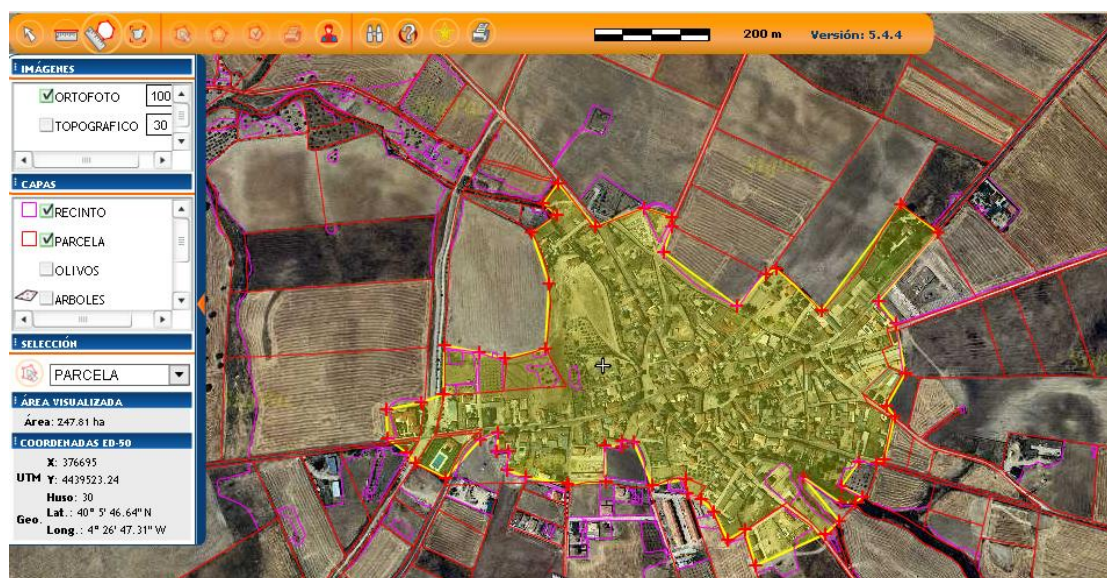


Figura 3.1 Superficie de Hormigos.

Como se puede observar en la imagen la extensión aproximada de la zona alcantarillada del municipio es de 30,30 ha.

Con los datos que tenemos podemos calcular el caudal debido a las lluvias: 62,98 m³/h.



3.1.1.1 Pozo de gruesos y desarenador

Tanto el pozo de gruesos como el desarenador, están basados en el mismo principio (ensanchan el canal por el que circula el agua residual disminuyendo su velocidad horizontal propiciando que los sólidos se depositen por gravedad en el fondo), la diferencia es que en el pozo de gruesos el tiempo de retención es menor para evitar que se depositen las arenas.

Unificando estos dos elementos, ahorraremos en construcción, terreno, mantenimiento y simplificaremos nuestra estación depuradora.

Dividiremos el pozo de gruesos y desarenador en dos, una parte estará diseñada para el caudal diario, y la otra para las tormentas.

| PARÁMETROS DE PARTIDA POZO DE GRUESOS Y DESARENADOR | Caudal tormenta | Caudal diario |
|---|-----------------|---------------|
| Caudal de diseño (m^3/h) | 62,98 | 5,06 |
| Caudal máximo (m^3/h) | 62,98 | 10,12 |
| Velocidad de sedimentación de la arena (m/min) | 1,80 | 1,80 |
| Relación profundidad /anchura del canal | 2,00 | 2,00 |
| Velocidad de circulación por el canal a caudal de diseño (m/s) | 0,06 | 0,04 |
| Número de líneas | 1,00 | 1,00 |
| Metros cúbicos de arena por 1000 metros cúbicos de agua residual a caudal de diseño | 0,02 | 0,02 |
| Metros cúbicos de arena por 1000 metros cúbicos de agua residual con tormenta | 1,50 | 1,50 |

Tabla 3.2 Parámetros de partida pozo de gruesos y desarenador.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal tormenta | Caudal diario |
|--|-----------------|---------------|
| Caudal de diseño por línea (m^3/h) | 62,98 | 5,06 |
| Caudal máximo por línea (m^3/h) | 62,98 | 10,12 |
| Sección transversal del canal (m^2) | 0,29 | 0,04 |



| | | |
|--|------|--------|
| Anchura del canal (m ²) | 0,38 | 0,13 |
| Profundidad útil del canal (m) | 0,76 | 0,27 |
| Longitud teórica del canal (m) | 1,53 | 0,35 |
| Longitud real del canal (m) | 3,29 | 1,53 |
| Volumen unitario (m ³) | 0,96 | 0,05 |
| Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (min.) | 0,91 | 0,64 |
| Tiempo medio de residencia a caudal máximo (min.) | 0,91 | 0,32 |
| Producción normal de arena seca (m ³ /día) | 0,03 | 0,0024 |
| Producción normal de arena seca con tormenta (m ³ /h) | 0,09 | 0,02 |
| Velocidad ascensional (m ³ /m ² .min) | 0,84 | 0,42 |

Tabla 3.3 Resultado del cálculo pozo de gruesos y desarenador.

3.1.1.2 Rejas de desbaste

En nuestra E.D.A.R solo instalaremos rejas de medios, puesto que el caudal es muy pequeño y la cantidad de sólidos arrastrados no es muy elevada, además gran parte de estos sólidos serán retirados en el pozo de gruesos.

| PARAMETROS DE PARTIDA REJA DE MEDIOS | Caudal diario + tormenta |
|--|--------------------------|
| Caudal de diseño (m ³ /h) | 68,04 |
| Caudal máximo(m ³ /h) | 73,10 |
| Caudal mínimo (m ³ /h) | 54,43 |
| Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con rejas sucias (m/s) | 0,90 |
| Número de líneas de desbaste | 1,00 |
| Espesor de los barrotes (mm) | 9,00 |
| Distancia entre barrotes (luz) (mm) | 30,00 |



| | |
|--|-------|
| Resguardo del canal (m) | 0,30 |
| Angulo de inclinación de los barrotes (grados) | 60,00 |
| Máxima colmatación entre dos limpiezas (%) | 30,00 |
| Relación profundidad útil / anchura del canal | 1,00 |

La limpieza de las rejillas será manual, para evitar el uso de motores eléctricos y automatismos que encarecerían el coste de explotación y mantenimiento, además de necesitar mano de obra cualificada.

Tabla 3.4 Parámetros de partida rejilla de medios.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario + tormenta |
|---|-----------------------------|
| Caudal de diseño por línea (m^3/h) | 68,04 |
| Caudal máximo por línea (m^3/h) | 73,10 |
| Superficie útil del canal (m^2) | 0,03 |
| Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con rejilla limpia (m/s) | 0,63 |
| Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con rejilla limpia (m/s) | 0,68 |
| Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con rejilla colmataada (m/s) | 0,97 |
| Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s) | 0,56 |
| Velocidad de aproximación por el canal a caudal mínimo (m/s) | 0,45 |
| Anchura del canal (m) | 0,18 |
| Profundidad útil del canal (m) | 0,18 |
| Profundidad total del canal (m) | 0,48 |

Tabla 3.5 Resultado del cálculo rejillas de medios.

A diferencia del pozo de gruesos y desarenador, el cual tenía una parte destinada al caudal diario y otra al caudal debido a tormenta, las rejillas de desbaste están



dimensionadas para el caudal total (caudal diario y caudal debido a tormenta), por lo que en caso de que fuera necesario se podría reducir el área de paso de agua (para evitar atascamiento entre rejillas debido a una velocidad del agua entre rejillas excesivamente pequeña.) instalando una compuerta manual y de este modo utilizar una parte de la instalación diariamente, y la instalación completa en caso necesario.

3.1.1.3 Desengrasador

Habitualmente en los desengrasadores se utilizan aireadores que provocan que la velocidad ascensional de las grasas y aceites sean mayores, gracias a ello los tiempos de retención del agua en el desengrasador son menores y con ello su tamaño. Sin embargo nosotros no utilizaremos aireadores para simplificar nuestro desengrasador.

| PARAMETROS DE PARTIDA DESENGRASADOR | Caudal diario + tormenta |
|---|--------------------------|
| Caudal de diseño (m^3/h) | 68,04 |
| Caudal máximo (m^3/h) | 73,10 |
| Velocidad ascensión grasas ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$) | 0,24 |
| Velocidad circulación a través del canal (m/s) | 0,04 |
| Relación longitud / anchura | 1,00 |

Tabla 3.6 Parámetros de partida desengrasador.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario + tormenta |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Área (m^2) | 4,73 |
| Anchura (m) | 2,17 |
| Profundidad (m) | 0,22 |
| Longitud (m) | 2,17 |
| Volumen unitario (m^3) | 1,03 |
| Tiempo de retención hidráulica (min) | 0,91 |

Tabla 3.7 Resultado del cálculo desengrasador.



Al igual que en las rejillas de desbaste hemos dimensionado el desengrasador para el caudal total (caudal diario y caudal debido a la lluvia), este hecho puede favorecer a que el rendimiento del desengrasador no sea óptimo (los tiempos de retención sean mayores que los estimados o que la altura de la lámina de agua sea muy pequeña, complicando así la retirada de las grasas y aceites), por lo que al igual que en las rejillas de desbaste, podremos instalar una compuerta manual que divida el desengrasador en dos partes, y de esta manera evitaremos el aumento en los tiempos de retención y la disminución de altura de la lámina de agua.

3.1.1.4 Ejecución de la obra

En todos los elementos del preproceso las paredes horizontales irán revestidas con hormigón armado, a fin de ejercer de muros de contención, y el suelo irá recubierto con una solera de hormigón armado de 10 cm.

Los encuentros de unas paredes con otras y estas con el suelo se sellarán con juntas de retracción para evitar fugas de agua.

El dimensionamiento y el armado de las paredes de los distintos elementos del preproceso se han realizado con el programa CYPE ingenieros.

3.1.1.4.1 Pozo de gruesos y desarenador

Datos generales

Cota de la rasante: 0,00 m.

Altura del muro sobre la rasante: 0,00 m.

Enrase: Intradós.

Longitud del muro en planta: 1,00 m.

Con juntas de retracción.

Tipo de cimentación: Empotrado.

Tramo empotrado: 50 cm.



Geometría

Altura: 0,76 m.

Espesor superior: 25,00 cm.

Espesor inferior: 25,00 cm.

Descripción del armado

| CORONACIÓN | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|
| Armadura superior: 2 Ø12 | | | | |
| Anclaje intradós / trasdós: 16 / 16 cm | | | | |
| TRAMOS | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø10c/30 | Ø8c/10 | Ø10c/15 | Ø8c/10 |
| | Solape: 0,2 m | | Solape: 0,3 m | |

Tabla 3.8 Armado pozo de gruesos + desarenador.

3.1.1.4.2 Rejas de desbaste

Datos generales

Cota de la rasante: 0,00 m.

Altura del muro sobre la rasante: 0,00 m.

Enrase: Intradós.

Longitud del muro en planta: 1,00 m.

Con juntas de retracción.

Tipo de cimentación: Empotrado.

Tramo empotrado: 50 cm.

Geometría

Altura: 0,5 m.

Espesor superior: 25,00 cm.

Espesor inferior: 25,00 cm.



Descripción del armado

| CORONACIÓN | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|
| Armadura superior: 2 Ø12 | | | | |
| Anclaje intradós / trasdós: 16 / 16 cm | | | | |
| TRAMOS | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø10c/30 | Ø8c/20 | Ø10c/15 | Ø8c/20 |
| | Solape: 0,2 m | | Solape: 0,3 m | |

Tabla 3.9 Armado rejillas de desbaste.

3.1.1.4.3 Desengrasador

Datos generales

Cota de la rasante: 0,00 m.

Altura del muro sobre la rasante: 0,00 m.

Enrase: Intradós.

Longitud del muro en planta: 2,17 m.

Con juntas de retracción.

Tipo de cimentación: Empotrado.

Tramo empotrado: 50 cm.

Geometría

Altura: 0,5 m.

Espesor superior: 25,00 cm.

Espesor inferior: 25,00 cm.



Descripción del armado

| CORONACIÓN | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|
| Armadura superior: 2 Ø12 | | | | |
| Anclaje intradós / trasdós: 16 / 16 cm | | | | |
| TRAMOS | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø10c/30 | Ø8c/20 | Ø10c/15 | Ø8c/10 |
| | Solape: 0,2 m | | Solape: 0,3 m | |

Tabla 3.10 Armado desengrasador.

3.1.1.5 Equipos auxiliares

Todos los elementos del preproceso serán de limpieza manual, por lo que no se necesitaran equipos auxiliares para realizar dicha tarea y se evitara el uso de motores eléctricos y automatismos que encarecerían el proyecto, el mantenimiento y la explotación de la E.D.A.R, además de necesitar mano de obra cualificada.

3.1.2 Lagunas

En las lagunas se eliminara la DBO₅ y se llevara a cabo un proceso de desinfección del agua para que tenga las condiciones óptimas antes de su vertido a su cauce natural.

Para la eliminación de DBO₅ el agua pasará a través de una laguna facultativa, y posteriormente por una laguna de maduración donde el agua será desinfectada correctamente.

Para un correcto funcionamiento, se pondrán dos lagunas de cada tipo en paralelo, de esta manera se podrán realizar trabajos de limpieza o mantenimiento sin necesidad alguna de parar la depuradora.

Todas las lagunas tendrán varias entradas y varias salidas de agua, para evitar que se formen turbulencias y como consecuencia que la mayoría de la superficie de la laguna sea efectiva, es decir que prácticamente toda la laguna este en régimen laminar.



Las lagunas se diseñaran solamente para el caudal diario, puesto que si sumáramos a este caudal el caudal por tormenta estaríamos sobredimensionando en exceso las lagunas, y no funcionarían correctamente.

El agua procedente de las tormentas no contiene carga orgánica significativa (pasados los 15-20 primeros minutos), por lo que no debe ser tratada en las lagunas, además al mezclarse con el caudal de agua residual, provocaría una dilución de la carga orgánica de esta, puesto que el caudal debido a tormenta es aproximadamente 12 veces mayor que el del agua residual.

3.1.2.1 Laguna facultativa

El rendimiento y el diseño de la laguna facultativa depende directamente de la temperatura exterior, en el libro utilizado para el cálculo esta dependencia se refleja en los términos, carga diseño global (Kg DBO/ha.día) y carga diseño primeras lagunas (Kg DBO/ha.día), que son función de la temperatura mínima exterior.

$$\text{carga diseño primera laguna} = 63,41 + 10,23 \times \ln(T^{\circ}) - 30$$

$$\text{carga de diseño global} = 63,41 + 10,23 \times \ln(T^{\circ})$$

Según el estudio climatológico realizado en el apartado de estudios previos la temperatura mínima es de 1,6 °C y se da en el mes de Enero.

Por lo tanto:

Carga de diseño global = 38,21 Kg DBO/ha.día.

Carga diseño primeras lagunas = 68,21 Kg DBO/ha.día.

| PARÁMETROS DE PARTIDA | Caudal diario |
|--|---------------|
| Caudal de diseño | 5,06 |
| Numero de lagunas en paralelo | 2,00 |
| Numero de lagunas en serie | 2,00 |
| Pendiente interior del talud (proyección horizontal / profundidad) | 3,00 |
| Concentración de DBO en la entrada (mg/l) | 271,25 |
| Carga diseño global(Kg DBO/ha.día) | 38,21 |
| Carga diseño primeras lagunas l(Kg DBO/ha.día) | 68,21 |



| | |
|--|------|
| Profundidad útil primeras lagunas (m) | 3,00 |
| Profundidad útil resto lagunas (m) | 3,00 |
| Resguardo sobre la superficie del agua (m) | 0,50 |
| Relación longitud/anchura de las lagunas | 2,00 |

Tabla 3.11 Parámetros de partida lagunas facultativas.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario |
|---|---------------|
| Kilos de DBO alimentados por día | 32,94 |
| Superficie total de las lagunas en la superficie del agua (m ²) | 8621,36 |
| Superficie unitaria mínima recomendable primera laguna en la superficie del agua(m ²) | 2414,71 |
| Anchura unitaria primera laguna en la superficie del agua (m) | 34,75 |
| Longitud unitaria primera laguna en la superficie del agua (m) | 69,49 |
| Anchura unitaria primera laguna en el fondo del agua (m) | 16,75 |
| Longitud unitaria primera laguna en el fondo del agua (m) | 51,49 |
| Anchura unitaria primera laguna en coronación de talud (m) | 37,75 |
| Longitud unitaria primera laguna en coronación de talud (m) | 72,49 |
| Volumen unitario útil primera laguna (m ³) | 4753,63 |
| Superficie unitaria del resto de lagunas en superficie del agua (m ²) | 1895,97 |
| Anchura unitaria del resto de lagunas en superficie del agua (m ²) | 30,79 |
| Longitud unitaria del resto de lagunas en la superficie del agua (m ²) | 61,58 |
| Anchura unitaria del resto de lagunas en el fondo del agua (m) | 12,79 |
| Longitud unitaria del resto de lagunas en el fondo del agua (m) | 43,58 |
| Anchura unitaria del resto de lagunas en coronación de talud (m) | 33,79 |
| Longitud unitaria del resto de lagunas en coronación del talud (m) | 64,58 |
| Volumen unitario útil resto lagunas (m ³) | 3517,96 |
| Volumen total útil de lagunas (m ³) | 16543,18 |
| Tiempo de retención hidráulico total (d) | 136,23 |



| | |
|---|-------|
| Concentración estimada de DBO soluble en la salida (mg/l) | 24,54 |
| Rendimiento estimado de eliminación de DBO (%) | 90,95 |

Tabla 3.12 Resultado del cálculo lagunas facultativas.

3.1.2.2 Laguna maduración

Cuando el agua llegue a la laguna de maduración la concentración de DBO₅ y de SS será la marcada por la normativa vigente, por lo que en esta laguna solamente se eliminarán los gérmenes patógenos.

| PARÁMETROS DE PARTIDA | Caudal diario |
|--|---------------|
| Caudal de diseño (m ³ /h) | 5,06 |
| Número de lagunas en paralelo | 2,00 |
| Numero de lagunas en serie | 1,00 |
| Pendiente interior del talud (proyección horizontal / profundidad) | 3,00 |
| Tiempo medio de residencia (d) | 9,00 |
| Profundidad útil laguna (m) | 0,70 |
| Resguardo sobre la superficie del agua (m) | 0,50 |
| Relación longitud / anchura de las lagunas | 2,00 |

Tabla 3.13 Parámetros de partida lagunas de maduración.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario |
|--|---------------|
| Volumen total útil de lagunas (m ³) | 1092,96 |
| Volumen unitario útil laguna (m ³) | 546,48 |
| Anchura unitaria laguna en la superficie del agua (m) | 21,32 |
| Longitud unitaria laguna en la superficie del agua (m) | 42,64 |
| Anchura unitaria laguna en el fondo del agua (m) | 17,12 |
| Longitud unitaria laguna en el fondo del agua (m) | 38,44 |



| | |
|---|---------|
| Anchura unitaria laguna en coronación de talud (m) | 24,32 |
| Longitud unitaria laguna en coronación de talud (m) | 45,64 |
| Superficie total de las lagunas en la superficie del agua (m ²) | 1818,25 |
| Superficie unitaria laguna en la superficie del agua (m ²) | 909,12 |

Tabla 3.14 Resultado del cálculo lagunas de maduración.

3.1.2.3 Ejecución de la obra

Tanto las lagunas facultativas como las de maduración se revestirán con geotextil de 150 g/m para evitar filtraciones de agua sobre el terreno.

En la entrada a las lagunas se crearan arquetas de reparto de 40x40x50 cm con compuerta de tarjea para dar servicio a las diferentes entradas de las lagunas y poder redireccionar el caudal a cualquiera de las dos lagunas que trabajan en paralelo según necesidades del sistema (operaciones de mantenimiento, saturación de la primera laguna, etc.).

3.1.3 Aliviaderos

Los aliviaderos sirven para reconducir el exceso de caudal, de manera que los diferentes sistemas de la E.D.A.R no trabajen por encima del caudal máximo.

3.1.3.1 Aliviadero de entrada pozo de gruesos y desarenador

La función de este aliviadero será la de desviar el exceso de caudal que se produciría si el caudal debió a tormenta supera el estimado en el proyecto, este caudal irá directamente al cauce natural del agua, puesto que sería en su mayoría agua de lluvia, por lo que no contaminaría el cauce.

El aliviadero de entrada al pozo de gruesos y desarenador se situará entre la salida del colector y la entrada al pozo de gruesos y desarenador.



| PARAMETROS DE PARTIDA | Caudal diario + tormenta |
|---|--------------------------|
| Caudal de diseño (m ³ /h) | 68,04 |
| Caudal máximo (m ³ /h) | 73,10 |
| Caudal mínimo (m ³ /h) | 34,02 |
| Coeficiente de punta | 2,00 |
| Caudal punta (m ³ /h) | 136,08 |
| Número de líneas | 1,00 |
| Caudal vertido (m ³ /h) | 62,98 |
| Resguardo del canal (m) | 0,30 |
| Relación profundidad útil/anchura del canal | 1,00 |
| Altura de vertido máxima | 0,25 |

Tabla 3.15 Parámetros de partida aliviadero entrada pozo de gruesos y desarenador.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario + tormenta |
|---|--------------------------|
| Caudal de diseño por línea (m ³ /h) | 68,04 |
| Caudal máximo por línea (m ³ /h) | 73,10 |
| Caudal de vertido por línea (m ³ /h) | 62,98 |
| Anchura del canal (m) | 0,07 |
| Profundidad mínima útil del canal(m) | 0,07 |
| Profundidad total del canal (m) | 0,37 |
| Superficie útil del canal (m ²) | 0,01 |
| Velocidad aproximada del canal a caudal máximo (m/s) | 3,74 |
| Velocidad aproximada del canal a caudal de diseño (m/s) | 3,48 |

Tabla 3.16 Resultado del cálculo aliviadero entrada pozo de gruesos y desarenador.



3.1.3.2 Aliviadero de entrada a las lagunas

Es necesario un aliviadero de entrada a las lagunas puesto que estas están dimensionadas para el caudal diario, mientras que el caudal procedente del desengrasador también incluye el caudal debido a tormenta.

El aliviadero de entrada a las lagunas se situara entre la salida del desengrasador y la entrada a las lagunas.

| PARAMETROS DE PARTIDA | Caudal diario |
|---|---------------|
| Caudal de diseño (m^3/h) | 5,06 |
| Caudal máximo (m^3/h) | 68,04 |
| Caudal mínimo (m^3/h) | 4,05 |
| Número de líneas | 1,00 |
| Caudal vertido (m^3/h) | 62,98 |
| Resguardo del canal (m) | 0,30 |
| Relación profundidad útil/anchura del canal | 1,00 |
| Altura de vertido máxima | 0,25 |

Tabla 3.17 Parámetros de partida aliviadero entrada lagunas.

| RESULTADO DEL CALCULO | Caudal diario |
|---|---------------|
| Caudal de diseño por línea (m^3/h) | 5,06 |
| Caudal máximo por línea (m^3/h) | 68,04 |
| Caudal de vertido por línea (m^3/h) | 62,98 |
| Anchura del canal (m) | 0,07 |
| Profundidad mínima útil del canal(m) | 0,07 |
| Profundidad total del canal (m) | 0,37 |
| Superficie útil del canal (m^2) | 0,005 |
| Velocidad aproximada del canal a caudal máximo (m/s) | 3,48 |
| Velocidad aproximada del canal a caudal de diseño (m/s) | 0,26 |

Tabla 3.18 Resultado del cálculo aliviadero entrada lagunas.



3.1.3.3 Ejecución de la obra

Al igual que los elementos del preproceso las paredes de los aliviaderos irán revestidas con hormigón armado, a fin de ejercer de muros de contención y el suelo ira recubierto con una solera de hormigón de 10 cm.

Datos generales

Cota de la rasante: 0,00 m.

Altura del muro sobre la rasante: 0,00 m.

Enrase: Intradós.

Longitud del muro en planta: 1,00 m.

Con juntas de retracción.

Tipo de cimentación: Empotrado.

Tramo empotrado: 50 cm.

Geometría

Altura: 0,5 m.

Espesor superior: 25,00 cm.

Espesor inferior: 25,00 cm.

Descripción del armado

| CORONACIÓN | | | | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|
| Armadura superior: 2 Ø12 | | | | |
| Anclaje intradós / trasdós: 16 / 16 cm | | | | |
| TRAMOS | | | | |
| Núm. | Intradós | | Trasdós | |
| | Vertical | Horizontal | Vertical | Horizontal |
| 1 | Ø10c/30 | Ø8c/20 | Ø10c/15 | Ø8c/20 |
| | Solape: 0,2 m | | Solape: 0,3 m | |

Tabla 3.19 Armado aliviaderos.



3.1.4 Medidores de caudal

Para poder llevar un control del caudal que entra en las lagunas y las posibles pérdidas por evaporación que se puedan producir en ellas, se pondrán dos medidores de caudal, uno a la entrada de las lagunas facultativas y otro a la salida de las lagunas de maduración.

3.1.4.1 Medidor de caudal Parshall

El medidor de caudal elegido para nuestra depuradora será el medidor de caudal Parshall, debido a su sencillez operacional (el caudal de entrada viene dado en función de la altura de la lamina de agua a la salida del medidor de caudal) y a su robustez.

El medidor Parshall es un elemento para la medición de flujos por gravedad en canales abiertos, pudiendo contener sólidos en suspensión tales como desechos industriales o domésticos.

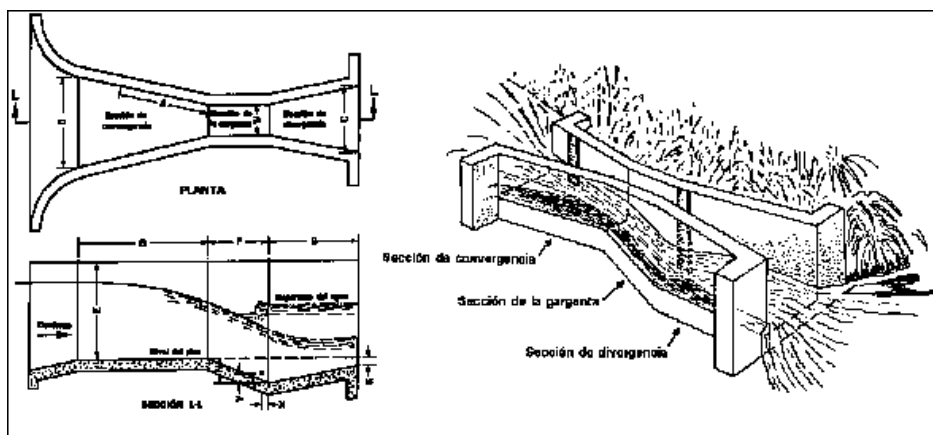


Figura 3.2 Medidor de caudal Parshall.

Descripción

El medidor Parshall consiste en una pieza, la cual incluye una sección convergente, una sección estrangulada o garganta y una sección divergente.

Sus principales ventajas son que la pérdida de carga a través del aforador es despreciable, que deja pasar fácilmente sedimentos o desechos, que no necesita condiciones especiales de acceso o una poza de amortiguación y que tampoco necesita correcciones para una sumersión de hasta el 70%. En consecuencia, es adecuado para la medición del caudal en canales con una pendiente suave.



3.1.5 Válvulas de compuerta

Con el fin de controlar el caudal que entra y sale de los distintos elementos de la depuradora (lagunas, desengrasador, etc.) se instalarán mecanismos que puedan restringir el caudal parcial o totalmente en la entrada y salida de todos ellos, de esta manera podremos regular el caudal de entrada y salida o incluso restringirlo totalmente en caso de avería.

Habitualmente se utilizan compuertas, sin embargo el caudal de nuestra E.D.A.R es muy pequeño, por lo que no estaría justificada la inversión en compuertas de gran tamaño, además la instalación de compuertas lleva consigo una importante obra civil (hormigonado lateral para los raíles de la compuerta, ampliación del canal de entrada y salida).

Como alternativa a las compuertas utilizaremos válvulas de compuerta, que realizaran la misma función pero son mas económicas y además no necesitan obra civil para su instalación.

3.1.6 Línea piezometrica

La línea piezometrica, es la línea imaginaria que resultaría al unir los puntos hasta los que el líquido podría ascender si se insertasen tubos piezométricos en distintos lugares a lo largo de la tubería o canal abierto. Es una medida de la presión hidrostática disponible en dichos puntos. La línea piezometrica por su propia definición no siempre es decreciente, pudiendo crecer en puntos en los que aumente la presión hidrostática.

Para poder calcular la línea piezometrica debemos de conocer las pérdidas de carga que sufre el agua al pasar por los distintos elementos de la depuradora (desengrasador, tuberías, etc.) , además a estas pérdidas de carga hay que sumarle la diferencia de altura entre la entrada y la salida de los distintos elementos que atraviesa el caudal.

3.1.6.1 Pérdidas de carga

En una conducción de agua, esta ejerce presión contra las paredes de los canales o tuberías por los que pasa, esto unido a la velocidad del agua con respecto a las paredes



de las conducciones hacen aparecer fuerzas de rozamiento en sentido contrario al movimiento.

Además de esto, el propio movimiento, con su turbulencia, provoca choques entre las moléculas, lo que también es causa de pérdidas de energía o carga (parte de la energía mecánica del líquido se ha transformado en calor).

Si bien esta energía no ha desaparecido, para los efectos prácticos de la corriente líquida se ha perdido ya que no puede recuperarse: es energía mecánica transformada en calor.

En conducciones de agua estas pérdidas de carga se pueden compensar de manera sencilla introduciendo energía potencial, es decir con una diferencia de alturas entre la entrada y la salida de la conducción.

Nosotros haremos una estimación de la pérdida de carga en los distintos elementos que atraviesa el caudal de agua residual.

Para calcular la pérdida de carga en los conductos abiertos utilizaremos la siguiente fórmula de Darcy-Weisbach.

$$H_{rp} = f \times \left(\frac{L \times V^2}{D \times 2g} \right)$$

H_{rp} = pérdida de carga en metros

f = coeficiente de pérdida de carga de Darcy

V = Velocidad

L = Longitud del canal

D = Diámetro

g = gravedad = 9,8 m/s²

Dividiremos las pérdidas de carga en tres tipologías, según el elemento que atraviesa:

- Pérdidas de carga en conductos abiertos.
- Pérdidas de carga en rejillas.
- Pérdidas de carga en conductos cerrados (tuberías).

3.1.6.1.1 Pérdidas de carga en conductos abiertos

Para poder utilizar la fórmula de Darcy-Weisbach en conductos de geometría distinta a la circular tenemos que sustituir en la ecuación el diámetro por el radio hidráulico.

$$R_h = \text{Radio hidráulico} = \frac{\text{Área transversal de flujo}}{\text{Perímetro mojado}}$$



En primer lugar calcularemos los parámetros geométricos necesarios, perímetro mojado, área, radio hidráulico, longitud y velocidad.

| Perdidas de carga en conductos abiertos | | | | | |
|---|----------------------|------------------------|----------------------|--------------|-----------------|
| Elemento | Perímetro mojado (m) | Área (m ²) | Radio hidráulico (m) | Longitud (m) | Velocidad (m/s) |
| Obra de llegada | 0,60 | 0,09 | 0,150 | 0,5 | 0,2100 |
| Pozo de gruesos | 2,29 | 0,29 | 0,127 | 3,29 | 0,0600 |
| Pozo g. pequeño | 0,80 | 0,04 | 0,044 | 1,53 | 0,0400 |
| Desengrasador | 4,78 | 4,73 | 0,988 | 2,17 | 0,0040 |
| Aliviadero entrada lagunas | 0,60 | 0,09 | 0,150 | 0,50 | 0,0156 |

Tabla 3.20 Cálculos previos perdidas de carga en conductos abiertos.

Para poder calcular la pérdida de carga tenemos que conocer previamente el factor de fricción, que es función del número de Reynolds, el factor de fricción tendrá una expresión distinta dependiendo de si el líquido que atraviesa el canal está en régimen turbulento o en régimen laminar.

| Perdidas de carga en conductos abiertos | | | | | | |
|---|-----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Elemento | Reynolds | Rugosidad | R.Relativa | Re (turbulento=1 laminar=0) | Factor de fricción | Pérdida de carga (m) |
| Obra de llegada | 125498,01 | 3 | 5,0000 | 1 | 14,62 | 0,027411731 |
| Pozo de gruesos | 30423,96 | 3 | 5,8928 | 1 | 6,12 | 0,007265772 |
| Pozo g. pequeño | 7041,16 | 3 | 16,9748 | 1 | 0,57 | 0,000403683 |
| Desengrasador | 15745,79 | 3 | 0,7591 | 1 | 0,53 | 2,37188e-07 |
| Aliviadero entrada lagunas | 9333,04 | 3 | 5,0000 | 1 | 14,62 | 0,000151603 |

Tabla 3.21 Perdidas de carga en conductos abiertos.

Tampoco se han tenido en cuenta las pérdidas de carga en los medidores de caudal por que como ya dijimos anteriormente se pueden considerar despreciables.



Hemos despreciado las pérdidas de carga en las lagunas debido a la baja velocidad del agua a través de ellas, por lo que se puede considerar casi nula.

3.1.6.1.2 Pérdida de carga en rejillas

Para calcular las pérdidas de carga en las rejillas de desbaste utilizaremos una particularización de la fórmula de Darcy-Weisbach para pérdidas de carga en rejillas, sustituyendo el diámetro, la longitud y el factor de fricción por un coeficiente empírico, y en el que la velocidad utilizada es una diferencia cuadrática entre la velocidad entre las rejillas y la velocidad antes de las rejillas.

$$H_{rp} = \frac{1}{0,7} \times \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

| Perdidas de carga en rejillas | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Elemento | Vel. antes de rejillas (m/s) | Velocidad entre rejillas (m/s) | Pérdida de carga (m) |
| Rejillas | 0,56 | 0,90 | 0,036 |

Tabla 3.22 Pérdidas de carga en rejillas.

3.1.6.1.3 Pérdidas de carga en conductos cerrados (tuberías).

Para transferir el caudal de agua residual de un elemento al siguiente utilizaremos tuberías de un metro de longitud.

Antes de calcular las pérdidas de carga que sufre el agua residual al atravesar las tuberías vamos a calcular el diámetro necesario para dichas tuberías.

3.1.6.1.3.1 Dimensionamiento de tuberías

Para calcular el diámetro tendremos en cuenta la velocidad de paso del agua a través de la tubería, la cual debe de ser mayor que una velocidad mínima, a partir de la cual aparecerían depósitos o sedimentos en la tubería, y menor que una velocidad máxima para evitar el desgaste excesivo de la tubería.



| Material de la tubería | Velocidad máxima (m/seg.) | Velocidad mínima (m/seg.) |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Hormigón simple hasta 45 cms. de diámetro | 0.30 | 3.00 |
| Hormigón reforzado a partir de 60 cms. de diámetro | 0.30 | 3.50 |
| Acero con revestimiento | 0.30 | 5.00 |
| Acero sin revestimiento | 0.30 | 5.00 |
| Acero galvanizado | 0.30 | 5.00 |
| Fibrocemento | 0.30 | 5.00 |
| Hierro fundido | 0.30 | 5.00 |
| Hierro dúctil | 0.30 | 5.00 |
| PEAD (Polietileno de Alta Densidad) | 0.30 | 5.00 |
| PVC (Policloruro de Vinilo) | 0.30 | 5.00 |

Tabla 3.23 Velocidades máximas y mínimas en tuberías.

Como material elegiremos PVC, puesto que es el material que menos pérdidas de carga tiene.

| PVC | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Caudal (m ³ /h) | Velocidad máxima (m/s) | Velocidad mínima (m/s) | Área máxima (m ²) | Área mínima (m ²) | Diámetro máximo (m) | Diámetro mínimo (m) |
| 68,04 | 5 | 0,3 | 0,063 | 0,00378 | 0,2832209 | <u>0,0693746</u> |
| 5,06 | 5 | 0,3 | 0,004685 | <u>0,000281</u> | 0,0772357 | 0,0189188 |

Tabla 3.24 Diámetro tubería de entrada.

Una vez calculados los diámetros mínimos y máximos de nuestras tuberías, buscaremos el diámetro normalizado de tubería que mejor se ajuste a nuestras necesidades.



| Tubería de PVC según norma UNE 53.114 | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Diámetro Exterior (mm) | Serie C (Fecal) | | |
| | Espesor (mm) | D. interior (mm) | Cont. agua (l/m) |
| 32 | 3,2 | 25,6 | 0,51 |
| 40 | 3,2 | 33,6 | 0,89 |
| 50 | 3,2 | 43,6 | 1,49 |
| 83 | 3,2 | 76,6 | 4,61 |
| 110 | 3,2 | 103,6 | 8,43 |
| 125 | 3,2 | 118,6 | 11,05 |
| 160 | 3,2 | 153,6 | 18,53 |
| 200 | 4,0 | 192,0 | 28,95 |

Tabla 3.25 Diámetro tuberías normalizadas de PVC.

La tubería que mejor se adapta a nuestras necesidades es la de diámetro exterior de 83 mm, puesto que tiene un diámetro interior de 76,6 mm.

3.1.6.1.3.2 Pérdidas de carga

Para calcular la pérdida de carga utilizaremos directamente la fórmula de Darcy-Weisbach, teniendo en cuenta que al igual que con las pérdidas de carga en conductos abiertos antes debemos calcular el factor de fricción, que es función del número de Reynolds.

| Caudal | Diámetro | Longitud | Velocidad | Reynolds | Rugosidad | R. Relativa | Re (turbulento=1; laminar=0) | Factor de fricción | Pérdida de carga (m) |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------------------------|--------------------|----------------------|
| 68,04 | 0,766 | 2 | 0,0410 | 125161,12 | 0,0015 | 0,0020 | 1 | 0,02 | 1,30e-06 |
| 5,06 | 0,766 | 4 | 0,0031 | 9307,98 | 0,0015 | 0,0020 | 1 | 0,02 | 1,44e-08 |

Tabla 3.26 Pérdidas de carga en tuberías.

3.1.6.2 Cálculo línea piezométrica

Una vez conocida la pérdida de carga en los distintos elementos de la depuradora, tendremos que calcular la diferencia de altura que deben tener la entrada y la salida de dichos elementos.



3.1.6.2.1 Pozo de gruesos y desarenador

La entrada de agua debe estar en la parte más alta, y la salida en la parte diseñada para el caudal diario, en la parte inferior unos 5-10cm por encima del fondo para evitar el arrastre de los sólidos depositados en el fondo.

La parte diseñada para el caudal diario tiene una profundidad de 27 cm, por lo que podríamos situar la salida de agua a 7 cm del suelo de esta manera nos quedaría una diferencia de altura entre la entrada y la salida de agua de 96 cm, suficiente para compensar la pérdida de carga en el pozo de gruesos y desarenador.

3.1.6.2.2 Rejas de desbaste

La entrada en las rejas de desbaste coincidirá con la salida del pozo de gruesos y desarenador puesto que la pérdida a través de las tuberías de conducción es despreciable, esto es extrapolable al resto de elementos de la depuradora, por lo que todas las entradas coincidirán con las salidas del elemento precedente.

Al pasar por las rejas de desbaste la lamina de agua disminuye su espesor por lo que la salida de las rejas de desbaste se realizara lo más cerca del suelo posible.

Al igual que en el caso anterior la salida no puede estar a ras de suelo para así evitar el arrastre de sólidos.

La perdida de carga del caudal de agua residual a través de las rejas de desbaste es de 36 cm y la profundidad del canal donde se encuentran las rejas es de 48 cm por lo que situaremos la salida de las rejas de desbaste a 10 cm del fondo para compensar la pérdida de carga sufrida por el caudal al atravesar las rejas de desbaste, con lo que nos quedaría una diferencia de altura entre la salida y la entrada de 38 cm.

3.1.6.2.3 Desengrasador

Las pérdidas de carga a lo largo del desengrasador son totalmente despreciables, por lo que no habría que compensarlas con una diferencia de altura excesiva entre la entrada y la salida.

La salida del desengrasador no debe efectuarse muy cerca de la superficie para evitar arrastrar las grasa y aceites que por flotación se encuentren en la superficie del



desengrasador, por ello la salida del desengrasador se realizara a 10 cm de la superficie del desengrasador, de esta manera la diferencia de altura entre la entrada y la salida del desengrasador seria de 10 cm.

3.1.6.2.4 Resto de elementos

Al igual que en el desengrasador las pérdidas de carga a lo largo de los elementos restantes (medidores de caudal y lagunas) son despreciable, y situaremos las salidas de estos elementos a 10 cm de la superficie, con lo que quedaría una diferencia de altura entre la entrada y la salida de 10 cm.

3.1.6.3 Conclusión

Sumando las diferencias de altura entre la entrada y la salida de los distintos elementos, obtenemos una diferencia de altura total de 1,84 metros, por lo que para un buen funcionamiento de nuestra depuradora entre la entrada al pozo de gruesos + desarenador y la salida del último medidor de caudal debe de haber una diferencia de alturas de 1,84 metros, algo totalmente asumible teniendo en cuenta que linealmente nuestra depuradora mide aproximadamente 120 metros, es decir que el terreno debería de tener un desnivel mínimo de 1,53%.

A pesar de no tener un estudio exacto sobre los desniveles del terreno donde se ubicaría nuestra depuradora, si conocemos que el colector se encuentra cerca de un arrollo al cual verterá nuestra depuradora.

Para evitar el uso de bombas que encarecerían el proyecto (supondría un coste adicional por adquisición, mantenimiento y stock) construiremos nuestra depuradora en paralelo al cauce del arroyo para aprovechar la caída natural del terreno.

3.2 Mantenimiento

Desde el punto de vista industrial, la E.D.A.R se puede considera como un proceso productivo, en el cual entra agua residual urbana y se obtiene agua reciclada.

Desde este punto de vista nuestra E.D.A.R queda caracterizada por:



Materia prima principal: Agua residual urbana.

Calidad de la materia prima: Puede llegar a fluctuar en el tiempo, no constante

Volumen de materia prima a tratar: Variable a lo largo del día y a lo largo del año.

Otras materias primas utilizadas: Energía eléctrica, reactivos químicos (y aire).

Producto principal: Agua depurada (regenerada).

Calidad del producto: Parámetros de calidad de salida con un estándar mínimo (Impuesto por ley).

Subproductos: Lodos y residuos sólidos.

Tipo de proceso productivo: En continuo, 24 horas al día, 365 días al año.

Interrumpibilidad: Nula, la planta nunca puede parar mientras llegue agua residual por la red de colectores/alcantarillado.

Necesidades de mano de obra: Baja.

Nivel de complejidad del proceso productivo: Medio – bajo.

Dificultad de explotación: Media.

Grado de automatización: Nulo.

Al caracterizar nuestra E.D.A.R como un proceso productivo, imponemos la condición de que es un proceso continuo, con la característica de que nunca puede rechazar la materia prima que entra (agua residual), por lo que tiene que estar operativa 24 horas al día y 365 días al año, para que esto sea posible hay que llevar un mantenimiento correcto de la E.D.A.R [7].

3.2.1 Tipos de mantenimiento

Existen dos tipos de mantenimiento, el preventivo y el predictivo, analizaremos los dos para ver cuál de ellos se adecua mejor a nuestro proceso productivo y a las máquinas utilizadas en él.

3.2.1.1 Mantenimiento preventivo

Como su nombre indica el mantenimiento preventivo se diseña con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

El mantenimiento preventivo consiste en la elaboración de un calendario, en el que se programan las distintas actuaciones a realizar como cambios de sub-ensambles, cambio



de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc. y que se considera importante realizar para evitar fallos, todas las actuaciones se programan teniendo en cuenta las frecuencias de uso de los equipos, horas de trabajo, durabilidad de los distintos elementos, etc.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/maquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en el almacén, y por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

3.2.1.2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.



- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

En nuestro caso es recomendable el mantenimiento preventivo, puesto que en el predictivo se intenta alargar la vida de las maquinas mediante ensayos no destructivo, que acarrearían un coste elevado que solamente seria justificable si las maquinas o las piezas de estas, tuvieran un precio de mercado muy elevado, caso que no se da puesto que la única maquinaria que utiliza nuestra E.D.A.R son medidores de caudal y bombas (en el caso que no se pueda compensar la línea piezometrica con diferencia de altura).

3.2.2 Mantenimiento específico E.D.A.R Lagunaje

Las E.D.A.R tienen particularidades en cuanto al mantenimiento y la explotación, puesto que tienen una parte de obra civil muy importante, que es de mantenimiento y explotación simple.

En términos de mantenimiento vamos a dividir nuestra E.D.A.R en dos:

Equipos: caudalímetros y bombas (en caso que fueran necesarias).

E.D.A.R: Serían todas las instalaciones por las que pasaría el agua, pozo de gruesos, rejas de desbaste, lagunas, etc. y la obra civil.

3.2.2.1 Mantenimiento equipos

El mantenimiento de los equipos constará de los siguientes registros de operaciones:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.



3.2.2.2 Mantenimiento E.D.A.R:

En el mantenimiento de la E.D.A.R se tienen dos partes:

- Conservación de la obra civil.
- Control del proceso de funcionamiento.

A parte de esto se tendrán que realizar 2 compañías de muestreo anual, correspondiente a los meses más fríos y cálidos del año, para llevar un seguimiento en los rendimientos de las lagunas.

Se deberá crear un manual de operaciones donde se desarrollen las tareas de mantenimiento que enumeraremos a continuación, dicho manual se guardara en el recinto de la E.D.A.R y estará a disposición de los operarios que realicen las tareas de mantenimiento.

Conservación obra civil:

- Limpieza de las unidades de pretratamiento.
- Limpieza de los caudalímetros o medidores de caudal.
- Retirada de lodos.
- Mantenimiento de la laguna (verjas, caminos, etc.).
 - ✓ Impedir el desarrollo de árboles próximos a las lagunas.
 - ✓ No cultivar setos alrededor de éstas.
- Mantenimiento de taludes.
 - ✓ Impermeabilización en función del terreno.
 - ✓ Relleno de las grietas que se producen con tierra y a ser posible con arcilla, y después igualar el terreno y compactarlo para mantener el nivel.
 - ✓ Eliminar las hierbas y plantas que crecen en los taludes, especialmente las plantas acuáticas.

Control procesos de funcionamiento:

- Inspección visual diaria del operario.
 - ✓ Estado de medidores de caudal y arquetas de reparto.
 - ✓ Aparición de espumas y flotantes en distintos puntos de las lagunas.



- ✓ Acumulación de grasas, aspectos de estas manchas y localización en los estanques.
- ✓ Desprendimiento de fangos desde el fondo de las lagunas y acumulación de estos en la superficie.
- ✓ Coloración en las distintas lagunas.
- ✓ Aparición de manchas de distinto color.
- ✓ Presencia de insectos o larvas en las lagunas.
- ✓ Presencia de aves acuáticas.
- ✓ Presencia de roedores.
- ✓ Crecimiento de plantas en los taludes o dentro de las lagunas.
- ✓ Erosión de los taludes por la erosión del agua.
- ✓ Infiltración visible del agua en los taludes.
- ✓ Estado de los caminos de acceso a la planta depuradora y de los pasillos interiores entre las lagunas.
- ✓ Estado de la verja que rodea la instalación.
- ✓ Estado de la jardinería de la planta.
- ✓ Desarrollo de olores en distintas partes de la instalación.

3.2.3 Anomalías, causas y soluciones

Aun llevando un mantenimiento adecuado, en las lagunas pueden aparecer una serie de anomalías. A continuación enumeraremos esas anomalías con sus posibles causas y soluciones.

3.2.3.1 Lagunas facultativas

Acumulación de materias flotantes:

Causas:

- Acumulación de algas en la superficie.
- Presencia de papeles, plásticos, grasas y aceites no eliminados en el pretratamiento.
- Flotación de parte del fango acumulado en el fondo de lagunas poco profundas.



Soluciones:

- Romper mediante chorro de agua de manguera dirigido hacia ellos desde la orilla.
- Retirada mediante una red.

Aparición de malos olores:

Causas:

- Sobrecarga.
 - ✓ Mal diseño de arquetas de reparto.
 - ✓ Mal diseño general de la planta.
 - ✓ Efluentes industriales con alta carga orgánica.
- Presencia de tóxicos o efluentes industriales en la alimentación.
- Cortocircuitos.
 - ✓ Deficiente diseño de las entradas-salidas.
 - ✓ Estratificación térmica.
 - ✓ Plantas acuáticas en el interior de la laguna.
 - ✓ Acumulación de fangos en el fondo.
- Reducción en la mezcla inducida por el viento.
- Períodos prolongados de mal tiempo, con bajas temperaturas e insolación.

Soluciones:

- Para sobrecarga:
 - ✓ Aumentar el número de módulos de lagunas facultativas, mejorar la distribución de caudales en arquetas de reparto, en caso de vertidos estacionales, paralizar la planta dejando que la laguna se recupere, o si es problema de diseño recircular parte del efluente.
- Para presencia de tóxicos:
 - ✓ Hacer by-pass y localizar el culpable del vertido.



- Para cortocircuitos:
 - ✓ Rediseñar las entradas y salidas, intentar romper la estratificación térmica, eliminar las plantas acuáticas o retirar los depósitos de sedimentos acumulados en el fondo.
- Para la reducción en la mezcla inducida por el viento:
 - ✓ Eliminar el obstáculo, si es árboles, vallas,..., impidiendo el crecimiento de árboles cerca de las lagunas, instalando una valla de cerramiento metálica. En caso de ser un obstáculo no eliminable se considerará la instalación de agitación artificial.

3.2.3.2 Lagunas de maduración

Anomalías de flujo:

Causas:

- Deficiente diseño de las entradas y salidas.
- Estratificación térmica.
- Plantas acuáticas en el interior de la laguna.
- Acumulación de fangos en el fondo.

Soluciones:

- Rediseñar las entradas y salidas.
- Intentar romper la estratificación térmica.
- Eliminar las plantas acuáticas.
- Retirar los depósitos de sedimentos acumulados en el fondo.

Desarrollo de mosquitos y otros insectos:

Causas:

- Crecimiento de plantas acuáticas u otros soportes para las larvas (ramas secas y costras).



Soluciones:

- Mantener siempre libre de plantas los taludes y evitar que caigan plantas o ramas a las lagunas, que puedan servir de soporte para el desarrollo de mosquitos.
- Dependiendo del contenido de oxígeno disuelto la cría de peces puede ser una buena solución.

3.2.4 Modalidades de gestión

Existen tres modalidades básicas de gestión del mantenimiento:

- Gestión directa.
- Gestión mancomunada.
- Gestión indirecta.

3.2.4.1 Gestión directa

En la gestión directa cada ayuntamiento, propietario o comunidad, lleva la gestión de la planta de manera directa, subcontratando solo ciertos aspectos (mantenimiento de un equipo o instalación específica,.....).

3.2.4.2 Gestión mancomunada

La gestión mancomunada surge como respuesta a la necesidad de ahorro de costes, siguiendo el principio de las economías de escala. Para minimizar costes y mejorar la gestión (gracias a que al ganar más tamaño empieza a ser rentable la especialización), distintos organismos se unen para gestionar de forma conjunta el mantenimiento y la explotación de sus plantas.

La gestión mancomunada es una de las soluciones a un grave problema que existe y que era que las EDAR de pequeño tamaño, una vez construidas se abandonaban porque para el organismo responsable de las mismas le suponían unos costes muy altos su explotación y mantenimiento.

La gestión mancomunada permite disponer de la dirección técnica y especialistas adecuados, así como una drástica disminución de los costes de reparación de averías y



de los costes de mantenimiento en general, debido a que un mismo equipo de especialistas es compartido por varias EDAR cercanas y se van moviendo de una a otra en función de las necesidades puntuales y/o planificadas.

Con la gestión mancomunada, disminuyen los tiempos de reparación y se tiene un stock mínimo de servicio para el conjunto de depuradoras.

3.2.4.3 Gestión indirecta

La gestión indirecta, que es un sistema que combina aspectos de la gestión directa y la mancomunada. El organismo sigue siendo titular y se reserva la función de control, cediendo la explotación y el mantenimiento a empresas privadas especializadas. A las ventajas que presentaba la gestión mancomunada, se suma que la empresa que hace la gestión es especialista en mantenimiento y explotación de EDAR.

Otra característica que tiene la gestión indirecta es que es aplicable tanto a plantas grandes como a plantas pequeñas (y por supuesto, a conjuntos de plantas pequeñas y/o medianas).

En los tres modelos de gestión (directa, mancomunada e indirecta) el mantenimiento general de la EDAR lo hace el organismo o empresa que gestiona el mantenimiento y el mantenimiento de equipos e instalaciones muy específicas, se hacen a través de empresas especialistas subcontratadas o el fabricante del equipo (centros de transformación, equipos de cogeneración,.....).

3.2.4.4 Conclusión

Cualquiera de los dos últimos modelos de gestión (gestión mancomunada y gestión indirecta) sería válido para nuestra depuradora, puesto que en ambos casos aprovecharíamos las ventajas de la economía de escala y ahorraríamos en costes fijos para el ayuntamiento como pueden ser el stock de piezas de maquinaria, especialización de operarios, etc.

Más adelante se dará un presupuesto aproximado del mantenimiento y explotación de la E.D.A.R.



3.3 Seguridad y Salud

Las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas, por sus especiales características de amplitud de instalaciones, disponibilidad de servicio, proceso, presentan una amplia gama de riesgos específicos debidos al desarrollo de su actividad y además un riesgo biológico asociado a la materia prima con la que trabajan (agua residual).

Vamos a dividir estos riesgos en dos grupos, riesgos biológicos y riesgos específicos de la actividad.

3.3.1 Riesgos biológicos

Las aguas residuales suelen transportar bacterias, virus, hongos y parásitos procedentes de reservorios humanos o animales. En general estos microorganismos son de origen fecal y no patógeno y pueden vivir de forma natural en el agua y en el suelo. Otros microorganismos pueden estar asociados a la presencia de animales que viven en este entorno (ratas e insectos) o bien asociados a objetos contaminados con fluidos biológicos (jeringas, preservativos, compresas higiénicas, apósitos, etc.).

El Real Decreto 664/1997, regula la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

En el Anexo I de este Real Decreto se incluye una lista de actividades en la cual el trabajo en instalaciones depuradoras de aguas residuales figura como una de las actividades en las que no se trabaja deliberadamente con agentes biológicos, pero sí puede existir exposición.

Los microorganismos implicados en el tratamiento biológico pertenecen, en principio, al grupo 1 de la clasificación del R.D. 664/1997 (microorganismos que no se han descrito como agente causal de enfermedades en el hombre y que no constituyen una amenaza para el entorno).

El Real Decreto 664/1997 en su capítulo II, dictamina las obligaciones del empresario, que en este caso recaerían en el ayuntamiento de la localidad.



- Evaluación de los riesgos relacionados a la exposición de agentes biológicos durante el trabajo, determinando la naturaleza de los mismos y el grado y duración de la exposición de los trabajadores.
- Esta evaluación deberá repetirse periódicamente y se deberá realizar una nueva evaluación en el caso de detectar en algún trabajador una infección o enfermedad que se sospeche que sea consecuencia de una exposición a agentes biológicos en el trabajo.
- La evaluación mencionada en el apartado anterior se efectuará teniendo en cuenta toda la información disponible y, en particular:
 - ✓ Naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores.
 - ✓ Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico a fin de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos ha dicho agente en razón de su trabajo.
 - ✓ La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores como resultado de su actividad profesional.
 - ✓ Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad profesional de los trabajadores.
 - ✓ El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.
 - ✓ El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, embarazo o lactancia.

Además de cumplir con las obligaciones que dicta el R.D 664/1997, se tomarán las siguientes medidas para reducir riesgos:

- Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo.



- Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
- Adopción de medidas seguras para la recepción, manipulación y transporte de los agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.
- Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.
- Utilización de medios seguros para la recogida, almacenamiento y evacuación de residuos por los trabajadores, incluidos el uso de recipientes seguros e identificables, previo tratamiento adecuado si fuese necesario.
- Utilización de medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico fuera del lugar de trabajo.
- Utilización de una señal de peligro biológico como la indicada en el anexo III de este Real Decreto, así como de otras señales de advertencia pertinentes.
- Establecimiento de planes para hacer frente a accidentes de los que puedan derivarse exposiciones a agentes biológicos.
- Verificación, cuando sea necesaria y técnicamente posible, de la presencia de los agentes biológicos utilizados en el trabajo fuera del confinamiento físico primario.

Debido al riesgo por exposición a agentes biológicos en el trabajo se adoptaran las siguientes medidas higiénicas:

- Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- Proveer a los trabajadores de prendas de protección apropiadas o de otro tipo de prendas especiales adecuadas.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de



cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.

- Especificar los procedimientos de obtención, manipulación y procesamiento de muestras de origen humano o animal.
- Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.
- Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.
- El empresario se responsabilizará del lavado, descontaminación y, en caso necesario, destrucción de la ropa de trabajo y los equipos de protección a que se refiere el apartado anterior, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven los mismos a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa y los equipos se envíen en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.
- De acuerdo con el apartado 5 del artículo 14 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo establecidas por el presente Real Decreto no deberá recaer, en modo alguno, sobre los trabajadores.

3.3.2 Riesgos específicos de la actividad

Al contrario que con los riesgos biológicos asociados al trabajo en estaciones depuradoras de aguas residuales, no existe ningún real decreto que regule los riesgos específicos de la actividad en depuradoras de aguas residuales, por lo que nos hemos basado en las “Notas Técnicas de Prevención- 128 1985 Estaciones depuradoras de aguas residuales Riesgos específicos” para poder evaluar dichos riesgos.

En primer lugar enumeraremos los riesgos de accidentes que pueden derivarse de las actividades desempeñadas en una E.D.A.R y normas de seguridad y prevención que hay



que aplicar para evitarlos, y en segundo lugar daremos unas pautas a seguir en relación a primeros auxilios en caso de accidente.

3.3.2.1 Riesgos de accidentes

Riesgos de accidentes.

Caídas de personas a distinto nivel.

Normas de seguridad y prevención.

Establecer muretes de obra o barreras claramente visibles en zonas colindantes a vías de circulación y en las aperturas junto a zonas de trabajo.

El acceso a fosas debe realizarse con escaleras de mano que ofrezcan garantías de resistencia y estabilidad.

Es recomendable proteger todo el perímetro de las lagunas con muretes de obra o barandillas reglamentarias.

Riesgos de accidentes.

Caídas de personas al mismo nivel.

Normas de seguridad y prevención.

Evitar existencia de superficies de tránsito resbaladizas constituyendo el piso con placas de rejilla metálica para facilitar el drenaje.

Evitar que queden total o parcialmente obstruidas las superficies de tránsito por materiales o equipos.

Situar a nivel del suelo los elementos que requieran manipulación ocasional evitando que no se coloquen las placas de cerramiento.

Mantener un grado de limpieza en el lugar de trabajo y una iluminación adecuada.



Riesgos de accidentes.

Caída de personas al interior de las instalaciones.

Normas de seguridad y prevención.

Proteger con muretes de obra o barandillas reglamentarias el perímetro de las plataformas y pasarelas de dimensiones insuficientes o dispuestas cerca de elementos móviles.

Disponer de flotador salvavidas en las lagunas, para poder auxiliar y mantener a flote a las personas que ocasionalmente pudieran caer en su interior.

Facilitar el acceso a través de barandillas estableciendo puntos en los que estas sean abatibles o puedan abrirse a modo de puerta.

Riesgos de accidentes.

Caída de objetos por desplome.

Normas de seguridad y prevención.

Siempre se tienen que almacenar los objetos en sentido vertical.

Hay que evitar que los objetos sobresalgan de los cajones o de los montones donde se encuentren.

Hay que evitar deshacer los montones arrojando cosas desde arriba o tirando desde abajo.

Nunca se ha de superar la carga de seguridad de las repisas o de los suelos.

Riesgos de accidentes.

Caída de objetos por manutención manual.



Normas de seguridad y prevención.

Todo operario que trabaje con herramientas u otros objetos manuales debe conocer a fondo su manejo y ser una persona cualificada para su uso, con habilidad y destreza suficientes.

Evite el manejo innecesario de materiales y herramientas.

Todas las herramientas de uso manual deben de conservarse limpias, y durante su utilización las manos deben de estar limpias y secas de sustancias que impidan la sujeción de los objetos con seguridad.

En la manipulación de objetos cortantes o punzantes que puedan ocasionar peligro de caída por mala manipulación, deben usarse botas de cuero o goma para prevenir posibles lesiones.

Riesgos de accidentes.

Pisadas sobre objetos.

Normas de seguridad y prevención.

Se ha de evitar el abandono de cualquier herramienta u objetos cortantes o punzantes (cuchillas, sierras, clavos, etc.) en los lugares de paso de las personas.

En caso de que existan objetos cortantes o punzantes en las superficies de tránsito y no puedan retirarse, se debe señalar correctamente su presencia.

Hay que eliminar los residuos y obstáculos punzantes o cortantes que se encuentren en las zonas de trabajo.

Se debe de utilizar calzado adecuado o botas de seguridad en los lugares de trabajo con riesgo de pisadas sobre objetos punzantes o cortantes.

Riesgos de accidentes.

Golpes y/o cortes con objetos y herramientas.



Normas de seguridad y prevención.

Los operadores que trabajen con maquina con elementos en movimiento cortantes o punzantes es preciso que no utilicen guantes, ya que el uso de estos aumenta el riesgo de atrapamiento y posibles golpes y/o cortes.

Se pueden evitar golpes y/o cortes con herramientas si estas se utilizan solo para la función que les corresponde.

Para el transporte de las herramientas manuales punzantes o cortantes se deben usar fundas o cajas adecuadas.

Es imprescindible disponer de los conocimientos o manuales de operación y mantenimiento necesarios para utilizar adecuadamente las herramientas y maquinas.

Riesgos de accidentes.

Proyección de fragmentos y partículas.

Normas de seguridad y prevención.

Se deben utilizar herramientas en buenas condiciones de uso.

Los operarios que efectúen operaciones de perforación y trabajos de desmontaje en los que se pueda producir proyecciones de partículas extrañas, es preciso que empleen equipos de protección personal como son las gafas de seguridad y las mangas y brazaletes de protección.

Riesgos de accidentes.

Atrapamientos y golpes.

Atrapamiento por o entre objetos.



Normas de seguridad y prevención.

Con el fin de evitar este riesgo es preciso que todas las partes de las maquinas que entrañen un riesgo de atrapamiento estén protegidas por cubiertas para impedir el contacto con el operario.

Debe evitarse llevar ropas sueltas, objetos colgantes (collares, anillos, etc.) así como el cabello suelto, ya que pueden ser atrapados por arrastre o enganche en las maquinas o entre objetos, ya que de lo contrario podrían producirse lesiones graves.

Riesgos de accidentes.

Golpes con objetos inmóviles.

Normas de seguridad y prevención.

Para evitar el riesgo de que los trabajadores se golpeen contra objetos o partes de equipos inmóviles, es preciso que el lugar de trabajo se conserve limpio y ordenado.

Es aconsejable una buena disposición de los equipos y la maquinaria, manteniendo distancias de separación adecuadas.

Riesgos de accidentes.

Sobreesfuerzos.

Normas de seguridad y prevención.

Los movimientos y manipulación de equipos pesados, en el curso de trabajos de mantenimiento o reparación, deben de efectuarse con la ayuda de sistemas adecuados de elevación y sujeción, tales como grúas giratorias, térmicas, grúas mono-raíl, etc., que reduzcan en lo posible la ejecución de esfuerzos a los operarios.

Prestar la máxima atención en la adopción de posturas corporales adecuadas para la ejecución de los trabajos y traslados de cargas.



Riesgos de accidentes.

Riesgo de explosión o incendio.

Normas de seguridad y prevención.

Siempre se han de limpiar los derrames y restos de combustible.

Los combustibles se han de almacenar en un lugar aislado y seguro.

Los trasvases deben de realizarse en condiciones de seguridad.

Se debe de poner extracción localizada o ventilación en los focos generadores de atmosferas peligrosas (pozos y recintos confinados).

No se deben almacenar productos químicos inflamables en lugares cercanos a fuentes de calor.



4 Conclusiones



4.1 Conclusiones

Es un hecho que ya hay en España localidades donde el agua escasea debido al cambio climático (la escasez de lluvias, el aumento generalizado de las temperaturas, etc.), por lo que deberíamos hacer lo posible por conservar los recursos hídricos a nuestro alcance, optimizando su uso y depurando las aguas residuales.

Una de las conclusiones más importantes que sacamos de este proyecto es que las E.D.A.R no tienen por qué ser instalaciones de gran tamaño, con un alto grado de tecnología y consumo energético, si no que pueden adecuarse al entorno donde se van a situar y a las necesidades del municipio al que van a dar servicio, simplificando su funcionamiento y sus costes de explotación y mantenimiento.

Los sistemas de depuración naturales son una alternativa para los entornos rurales y municipios pequeños. Mediante estos sistemas podemos construir depuradoras económicamente sostenibles independientemente del tamaño o limitaciones económicas. Estos factores ayudarían a que cada vez mas municipios se sumasen a contribuir a la depuración global de aguas residuales y aumentar así, el grado de conservación de nuestros recursos hídricos. Aunque no debemos quedarnos ahí, el siguiente paso es la reutilización del agua residual depurada para lograr un medioambiente mejor.

4.2 Líneas futuras

El punto principal es el ahorro y reutilización de los recursos hídricos de manera que se optimice al máximo el ciclo del agua en especial en las zonas de mayor escasez. Un claro ejemplo en el desarrollo de esta línea es Murcia; actualmente a la vanguardia de reutilización de agua residual a nivel Europeo.

Murcia reutiliza 139,20 hectómetros cúbicos de agua residual, el cien por cien del recurso recuperado tras eliminar los elementos contaminantes mediante un tratamiento de depuración, sin embargo no todos los municipios españoles reutilizan el agua residual, el porcentaje de agua residual reutilizada en las cuencas insulares (48,34 por ciento en Canarias y 30,30 por ciento en Baleares) y en la del Júcar (28,25 por ciento),



no es tan elevado como en la comunidad Murciana, además, la cuenca con mayor caudal disponible es la del Tajo, con 688,37 hectómetros cúbicos, de los que tan sólo reutiliza 7,32 hectómetros (1,06 por ciento), según los datos facilitados por Medio Ambiente. Asimismo, en las cuencas del norte del país ni tan si quiera consideran necesario reutilizar el agua procedente de las depuradoras porque no registran problemas de escasez.

El agua residual depurada puede tener múltiples usos, dependiendo de la zona geográfica y las necesidades que se pretendan cubrir:

Reutilización con fines municipales y recreativos.

Este tipo de reutilización va dirigida principalmente a los siguientes usos:

1. Riego de masas forestales de propiedad pública.
2. Riego de parques y jardines públicos.
3. Limpieza viaria.
4. Almacenamiento para prevención de incendios municipales y forestales.
5. Creación de humedales artificiales.

Esta reutilización necesita de una infraestructura de red de suministro doble, una para el agua potable y otra para el agua que va a ser reutilizada. Esta doble red debe ser independiente para evitar la contaminación de otros recursos teniendo en cuenta criterios técnicos y sanitarios. La reutilización con fines recreativos tiene unas amplias expectativas de futuro, puesto que las exigencias de depuración en las aguas para estos fines no son muy exigentes además para usos como almacenamiento para prevención de incendios municipales y forestales, y limpieza viaria solo necesitaríamos un lugar donde almacenar el agua por lo que no habría que invertir en infraestructura.

Reutilización para refrigeración industrial

La reutilización del agua para refrigeración, viene marcada por dos factores muy concretos:

1. Existencia de una carestía acusada que obliga a una reutilización indispensable por la falta de recursos hídricos.



2. Zonas fuertemente industrializadas donde elevados volúmenes de agua obligan a sustraer recursos para el suministro doméstico.

La refrigeración por agua se utiliza en numerosas industrias y procesos: producción de electricidad, siderurgia, petroquímica, química, cementeras, incineración de residuos, etc. Deben de tenerse en cuenta las limitaciones de carácter sanitario para este tipo de aplicaciones.

Reutilización para calentamiento de sistemas.

El agua residual urbana, en épocas frías, tiene una temperatura media de 15° C, superior, por tanto, a las aguas continentales o marítimas. Este ligero incremento térmico puede aprovecharse mediante el empleo de bombas de calor cuyo funcionamiento está basado en el cambio de estado de un gas. Realmente utilizar el agua residual depurada para el calentamiento de edificios o calles exige tener en cuenta unas condiciones climáticas extremas con inviernos largos y rigurosos y que justifiquen los costes de esta infraestructura para este tipo de reutilización. La recuperación de calor es más típica de establecimientos industriales que de edificios.

Reutilización para producción de biomasa.

El agua residual urbana puede ser empleada como fuente de nutrientes para el desarrollo y crecimiento de seres vivos. El caso más frecuente es el riego de especies agrícolas o forestales (filtro verde); sin embargo, y dentro de este reino vegetal, existen otras vías de aplicación que se encuentran en fase de investigación y desarrollo (tales como la producción de microalgas como aprovechamiento conjunto de la energía solar y la energía potencial del agua residual). La producción de biomasa animal tiene hoy en día una aplicación más directa desde el punto de vista comercial, aunque su aplicación es aún muy escasa, siendo la piscicultura la técnica más empleada.



Conclusión

En la actualidad la reutilización del agua residual no es obligatoria, pero en determinadas zonas en las cuales los recursos hídricos son escasos, es una forma sencilla de conservarlos.

En este caso la localidad que nos ocupa (Hormigos), no se encuentra en una zona donde el agua sea un recurso escaso, sin embargo podría reutilizar el agua residual con fines recreativos, creando una balsa de almacenamiento para el agua residual ya depurada, la cual se usaría para regar las calles y los jardines municipales o se almacenaría para prevención y extinción de posibles incendios.

Otra alternativa para la reutilización de las aguas residuales ya depuradas sería la instalación de un filtro verde en serie con las lagunas, puesto que en la provincia de Toledo gran parte de la industria existente está relacionada con la madera (fabricas de muebles, fabricas de sofás, productos artesanos) y podrían obtener un beneficio económico con venta de la madera producida en los filtros verdes, de esta manera integrarían la depuradora en el ciclo productivo del municipio.



Referencias



Referencias.

- [1] Proyecto Depuranat, *Gestión sostenible del agua residual en entornos rurales*, Netbiblo 2008.
- [2] AJ. Aznar, *Apuntes de la asignatura Ingeniería Ambiental*, Universidad Carlos III, 2009
- [3] CYP, Proyecto creación de una depuradora de aguas residuales en la localidad de Hormigos, 1997.
- [4] Agencia estatal de meteorología, <http://www.aemet.es>.
- [5] Aurelio Hernández Muñoz, Aurelio Hernández Lehmann, Pedro Galán Martínez, *Manual de depuración uralita*, Editorial Paraninfo, 2000.
- [6] Ricardo Isla de Juana, *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas*, Bellisco Ediciones, 2005.
- [7] Mantenimiento de estaciones Depuradoras de aguas residuales Urbanas: una panorámica, http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Mantenimiento_EDAR.pdf.



Bibliografía



Bibliografía

- [Proyecto Depuranat, 2008] *Gestión sostenible del agua residual en entornos rurales*, Netbiblo 2008.
- [Aznar, 2009] Apuntes de Ingeniería Ambiental. Contaminación de aguas. Antonio Aznar Jiménez. Departamento de Ciencias Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Universidad Carlos III de Madrid.
- [CYP, 2007] Proyecto creación de una depuradora de aguas residuales en la localidad de Hormigos, 1997.
- [Agencia estatal de meteorología] <http://www.aemet.es>.
- [Manual de depuración uralita, 2000] Aurelio Hernández Muñoz, Aurelio Hernández Lehmann, Pedro Galán Martínez, *Manual de depuración uralita*, Editorial Paraninfo, 2000.
- [Isla de Juana, 2005] *Proyectos de plantas de tratamientos de aguas. Aguas de proceso, Residuales y de Refrigeración*. Ricardo Isla de Juana. Ed. Bellisco. 2005.
- [Universidad de Sevilla] Mantenimiento de estaciones Depuradoras de aguas residuales Urbanas: una panorámica, http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Mantenimiento_EDAR.pdf.



ANEXO I: Formulario



PARAMETROS DE PARTIDA

| LÍNEA | PARÁMETROS DE PARTIDA |
|-------|---|
| 1 | Población (habitantes-equivalentes) |
| 2 | Dotación (litros por habitante equivalente y día) |
| 3 | Concentración de SS en la entrada de la planta (mg/l) |
| 4 | Concentración de DBO5 en la entrada de la planta (mg/l) |
| 5 | Concentración de SS en la salida de la planta (mg/l) |
| 6 | Concentración de DBO5 en la salida de la planta (mg/l) |
| 7 | Relación caudal máximo a caudal de diseño |

| LÍNEA | RESULTADOS DEL CALCULO | |
|-------|---|---------------------|
| 8 | Caudal diario (m3/d) | $(L1 * L2) / 1000$ |
| 9 | Caudal de diseño (m3/h) | $L8 / 24$ |
| 10 | Caudal máximo (m3/h) | $L9 * L7$ |
| 11 | Kilos de SS que entran por día | $(L3 * L8) / 1000$ |
| 12 | Kilos de DBO5 que entran por día | $(L4 * L8) / 1000$ |
| 13 | SS por habitante equivalente y día (gr/he día) | $(L11 * 1000) / L1$ |
| 14 | DBO5 por habitante equivalente y día ((gr/he día) | $(L12 * 1000) / L1$ |
| 15 | Rendimiento de eliminación de SS (%) | $(L3 - L5) / L3$ |
| 16 | Rendimiento de eliminación de DBO5 (%) | $(L4 - L6) / L4$ |

POZO DE GRUESOS + DESARENADOR

| LÍNEA | PARÁMETROS DE PARTIDA DESARENADOR+POZO DE GRUESOS | |
|-------|---|--|
| 17 | Caudal de diseño (m3/h) | |
| 18 | Caudal máximo (m3/h) | |
| 19 | Velocidad de sedimentación de la arena (m/min) | |
| 20 | Relación profundidad /anchura del canal | |
| 21 | Velocidad de circulación por el canal a caudal de diseño (m/s) | |
| 22 | Numero de líneas | |
| 23 | Metros cúbicos de arena por 1000 metros cúbicos de agua residual a caudal de diseño | |
| 24 | Metros cúbicos de arena por 1000 metros cúbicos de agua residual con tormenta | |



| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|--|----------------------|
| 25 | Caudal de diseño por línea (m3/h) | $L25/L31$ |
| 26 | Caudal máximo por línea (m3/h) | $L2/31$ |
| 27 | Sección transversal del canal (m2) | $L25/(L21*3600)$ |
| 28 | Anchura del canal (m2) | $(L27/L20)^{0,5}$ |
| 29 | Profundidad útil del canal (m) | $L27/L28$ |
| 30 | Longitud teórica del canal (m) | $(L21*60*(L29/L19))$ |
| 31 | Longitud real del canal (m) | $L30+(1+0,5*L30)$ |
| 32 | Volumen unitario (m3) | $L28*L29*L31$ |
| 33 | Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (min.) | $(L32*60/L25)$ |
| 34 | Tiempo medio de residencia a caudal máximo (min.) | $(L32*60/L26)$ |
| 35 | Producción normal de arena seca (m3/día) | $(L17*L23*24)/1000$ |
| 36 | Producción normal de arena seca con tormenta (m3/h) | $(L18*L24)/1000$ |
| 37 | Velocidad ascensional (m3/m2.min) | $L25/(L28*L31*60)$ |

REJAS DE DESBASTE

| LÍNEA | PARAMETROS DE PARTIDA REJA DE MEDIOS |
|-------|--|
| 38 | Caudal de diseño (m3/h) |
| 39 | Caudal máximo(m3/h) |
| 40 | Caudal mínimo (m3/h) |
| 41 | Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con rejas sucias (m/s) |
| 42 | Número de líneas de desbaste |
| 43 | Espesor de los barrotes (mm) |
| 44 | Distancia entre barrotes (luz) (mm) |
| 45 | Resguardo del canal (m) |
| 46 | Angulo de inclinación de los barrotes (grados) |
| 47 | Máxima colmatación entre dos limpiezas (%) |
| 48 | Relación profundidad útil / anchura del canal |



| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|---|--|
| 49 | Caudal de diseño por línea (m3/h) | $L38/L42$ |
| 50 | Caudal máximo por línea (m3/h) | $L39/L42$ |
| 51 | Superficie útil del canal (m2) | $((L49/3600)/L41)*((L44+L43)/L44)*(1/(1-L47/100))*\text{SENO}((L46*2*PI())/360)$ |
| 52 | Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s) | $(L41*((100-L47)/100))$ |
| 53 | Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s) | $(L52*(L50/L49))$ |
| 54 | Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja colmatada (m/s) | $(L41*(L50/L49))$ |
| 55 | Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s) | $(L49/3600)/L51$ |
| 56 | Velocidad de aproximación por el canal a caudal mínimo (m/s) | $((L40/L42)/3600)/L51$ |
| 57 | Anchura del canal (m) | $(L51/L48)^{0,5}$ |
| 58 | Profundidad útil del canal (m) | $(L51/L57)$ |
| 59 | Profundidad total del canal (m) | $(L51/L57)+L45$ |

DESENGRASADOR

| LÍNEA | PARAMETROS DE PARTIDA DESENGRASADOR |
|-------|--|
| 60 | Caudal de diseño (m3/h) |
| 61 | Caudal máximo (m3/h) |
| 62 | Velocidad ascensión grasas (m3/m2.min) |
| 63 | Velocidad circulación a través del canal (m/s) |
| 64 | Relación longitud / anchura |



| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|--------------------------------------|----------------------|
| 65 | Área (m2) | $(L60/60)/L62$ |
| 66 | Anchura (m) | $(L65/L64)^{0,5}$ |
| 67 | Profundidad (m) | $L62*(L68/(L63*60))$ |
| 68 | Longitud (m) | $L64*L66$ |
| 69 | Volumen unitario (m3) | $L66*L67*L68$ |
| 70 | Tiempo de retención hidráulica (min) | $L69*60/L60$ |

LAGUNA FACULTATIVA

| LÍNEA | PARÁMETROS DE PARTIDA |
|-------|--|
| 71 | Caudal de diseño |
| 72 | Numero de lagunas en paralelo |
| 73 | Numero de lagunas en serie |
| 74 | Pendiente interior del talud (proyección horizontal / profundidad) |
| 75 | Concentración de DBO en la entrada (mg/l) |
| 76 | Carga diseño global(Kg DBO/ha.día) |
| 77 | Carga diseño primeras lagunas (Kg DBO/ha.día) |
| 78 | Profundidad útil primeras lagunas (m) |
| 79 | Profundidad útil resto lagunas (m) |
| 80 | Resguardo sobre la superficie del agua (m) |
| 81 | Relación longitud/anchura de las lagunas |

| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|--|-------------------------|
| 82 | Kilos de DBO alimentados por día | $(L71*24*L75/1000)$ |
| 83 | Superficie total de las lagunas en la superficie del agua (m2) | $L82/L76*10000$ |
| 84 | Superficie unitaria mínima recomendable primera laguna en la superficie del agua(m2) | $(L82/(L77*L72))*10000$ |
| 85 | Anchura unitaria primera laguna en la superficie del agua (m) | $(L84/L81)^{0,5}$ |
| 86 | Longitud unitaria primera laguna en la superficie del agua (m) | $L84/L85$ |
| 87 | Anchura unitaria primera laguna en el fondo del agua (m) | $L85-2*L78*L74$ |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | |
|-----|---|---|
| 88 | Longitud unitaria primera laguna en el fondo del agua (m) | $L86-2*L78*L74$ |
| 89 | Anchura unitaria primera laguna en coronación de talud (m) | $L85+2*L80*L74$ |
| 90 | Longitud unitaria primera laguna en coronación de talud (m) | $L86+2*L80*L74$ |
| 91 | Volumen unitario útil primera laguna (m3) | $((L86*L85)+(L86-2*L74*L78)*(L85-2*L74*L78)+4*(L86-L74*L78)*(L85-L74*L78))*(L78/6)$ |
| 92 | Superficie unitaria del resto de lagunas en superficie del agua (m2) | $(L83-L84*L72)/(L72*(L73-1))$ |
| 93 | Anchura unitaria del resto de lagunas en superficie del agua (m2) | $(L92/L81)^{0,5}$ |
| 94 | Longitud unitaria del resto de lagunas en la superficie del agua (m2) | $L92/L93$ |
| 95 | Anchura unitaria del resto de lagunas en el fondo del agua (m) | $L93-2*L79*L74$ |
| 96 | Longitud unitaria del resto de lagunas en el fondo del agua (m) | $L94-2*L79*L74$ |
| 97 | Anchura unitaria del resto de lagunas en coronación de talud (m) | $L93+2*L80*L74$ |
| 98 | Longitud unitaria del resto de lagunas en coronación del talud (m) | $L95+2*L80*L74$ |
| 99 | Volumen unitario útil resto lagunas (m3) | $((L95*L93)+(L94-2*L74*L79)*(L93-2*L74*L79)+4*(L94-L74*L79)*(L93-L74*L79))*(L79/6)$ |
| 100 | Volumen total útil de lagunas (m3) | $L91*L72+L99*(L73-1)*L72$ |
| | Tiempo de retención hidráulico total (d) | $L100/(L71*24)$ |
| 101 | Concentración estimada de DBO soluble en la salida (mg/l) | $((L82-((0,94*L76-1,164)*(L83/10000)))*1000)/(L71*24)$ |
| 102 | Rendimiento estimado de eliminación de DBO (%) | $((L75-L101)/L75)*100$ |



LAGUNA DE MADURACIÓN

| LÍNEA | PARÁMETROS DE PARTIDA |
|-------|--|
| 103 | Caudal de diseño (m3/h) |
| 104 | Numero de lagunas en paralelo |
| 105 | Numero de lagunas en serie |
| 106 | Pendiente interior del talud (proyección horizontal / profundidad) |
| 107 | Tiempo medio de residencia (d) |
| 108 | Profundidad útil laguna (m) |
| 109 | Resguardo sobre la superficie del agua (m) |
| 110 | Relación longitud / anchura de las lagunas |

| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|--|---|
| 111 | Volumen total útil de lagunas (m3) | $L103*24*L107$ |
| 112 | Volumen unitario útil laguna (m3) | $L111/(L104*L105)$ |
| 113 | Anchura unitaria laguna en la superficie del agua (m) | $((6*L110*L106*L108+6*L106*L108)+((6*L110*L106*L108+6*L106*L108)^2-4*6*L110*(8*L106^2*L108^2-6*L112/L108))^0,5)/(2*6*L110)$ |
| 114 | Longitud unitaria laguna en la superficie del agua (m) | $L110*L113$ |
| 115 | Anchura unitaria laguna en el fondo del agua (m) | $L113-2*L108*L106$ |
| 116 | Longitud unitaria laguna en el fondo del agua (m) | $L114-2*L108*L106$ |
| 117 | Anchura unitaria laguna en coronación de talud (m) | $L113+2*L109*L106$ |
| 118 | Longitud unitaria laguna en coronación de talud (m) | $L114+2*L109*L106$ |
| 119 | Superficie total de las lagunas en la superficie del agua (m2) | $L113*L114*L105*L105$ |
| 120 | Superficie unitaria laguna en la superficie del agua (m2) | $L113*L114$ |



ALIVIADERO DE ENTRADA AL POZO DE GRUESOS

| LÍNEA | PARAMETROS DE PARTIDA |
|-------|---|
| 121 | Caudal de diseño (m3/h) |
| 122 | Caudal máximo (m3/h) |
| 123 | Caudal mínimo (m3/h) |
| 124 | Coefficiente de punta |
| 125 | Caudal punta (m3/h) |
| 126 | Número de líneas |
| 127 | Caudal vertido (m3/h) |
| 128 | Resguardo del canal (m) |
| 129 | Relación profundidad útil/anchura del canal |
| 130 | Altura de vertido máxima |

| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|---|----------------------------------|
| 131 | Caudal de diseño por línea (m3/h) | L121/L126 |
| 132 | Caudal máximo por línea (m3/h) | L122/L126 |
| 133 | Caudal de vertido por línea (m3/h) | L127/L126 |
| 134 | Anchura del canal (m) | $(L133/(3600*1,9*(L130^{1,5})))$ |
| 135 | Profundidad mínima útil del canal(m) | $(L134*L129)$ |
| 136 | Profundidad total del canal (m) | L135+L128 |
| 137 | Superficie útil del canal (m2) | L135*L134 |
| 138 | Velocidad aproximada del canal a caudal máximo (m/s) | $L132/(3600*L137)$ |
| 139 | Velocidad aproximada del canal a caudal de diseño (m/s) | $L131/(3600*L137)$ |

ALIVIADERO ENTRADA LAGUNAS

| LÍNEA | PARAMETROS DE PARTIDA |
|-------|-------------------------|
| 140 | Caudal de diseño (m3/h) |
| 141 | Caudal máximo (m3/h) |
| 142 | Caudal mínimo (m3/h) |
| 143 | Número de líneas |
| 144 | Caudal vertido (m3/h) |
| 145 | Resguardo del canal (m) |



| | |
|-----|---|
| 146 | Relación profundidad útil/anchura del canal |
| 147 | Altura de vertido máxima |

| LÍNEA | RESULTADO DEL CALCULO | |
|-------|---|----------------------------------|
| 148 | Caudal de diseño por línea (m ³ /h) | L140/L143 |
| 149 | Caudal máximo por línea (m ³ /h) | L141/L143 |
| 150 | Caudal de vertido por línea (m ³ /h) | L144/L143 |
| 151 | Anchura del canal (m) | $(L150/(3600*1,9*(L147^{1,5})))$ |
| 152 | Profundidad mínima útil del canal(m) | $(L151*L146)$ |
| 153 | Profundidad total del canal (m) | L152+L145 |
| 154 | Superficie útil del canal (m ²) | L152*L151 |
| 155 | Velocidad aproximada del canal a caudal máximo (m/s) | $L149/(3600*L154)$ |
| 156 | Velocidad aproximada del canal a caudal de diseño (m/s) | $L148/(3600*L154)$ |



ANEXO II:

Presupuesto



PRESUPUESTO GENERAL E.D.A.R

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO | 36.036,00 € |
| INSTALACIONES E.D.A.R | 774.093,69 € |
| CASSETAS USOS VARIOS | 17.191,59 € |
| CERRAMIENTOS | 5.745,49 € |
| MATERIAL ADICIONAL | 3.500,00 € |
| TOTAL | 838.555,77 € |

PRESUPUESTO GENERAL E.D.A.R DESGLOSADO

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Adquisición del terreno

| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| 2,40 | m ² | 9.750 | 23.400 € |

Desbroce y limpieza del terreno.

Desbroce y limpieza del terreno, profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados, carga a camión y transporte a vertedero autorizado.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|---------|--|-------|-------|------------------|
| H | Pala cargadora s/neumáticos 85 CV/1,2 m ³ . | 0,015 | 46,36 | 0,70 |
| H | Motosierra a gasolina. | 0,004 | 3,00 | 0,01 |
| H | Camión basculante de 10 t. De carga. | 0,020 | 32,96 | 0,66 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,004 | 14,08 | 0,06 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 1,43 | 0,03 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 1,46 | 0,04 |
| Total € | | | | 1,50 |

| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| 1,50 | m ² | 9.750 | 14.625 |

| | |
|---|----------|
| Presupuesto acondicionamiento del terreno | 36.036 € |
|---|----------|



INSTALACIONES E.D.A.R

Excavación de zanjas y pozos con medios mecánicos.

Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|--|-------|---------|------------------|
| H | Excavadora hidráulica s/neumáticos 100 CV. | 0,383 | 43,55 | 16,68 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,200 | 14,08 | 2,82 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 19,50 | 0,39 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 19,89 | 0,60 |
| | | | Total € | 20,49 |

| Laguna facultativa | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad (€) | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 20,69 | m ³ | 25864,07 | 535.127,61 |

| Laguna maduración | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad (€) | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 20,69 | m ³ | 1.092,96 | 22.613,34 |

Excavación de zanjas y pozos con medios manuales.

Excavación en zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|------------------------------|-------|---------|------------------|
| H | Peón ordinario construcción. | 1,510 | 14,08 | 21,26 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 21,26 | 0,43 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 21,69 | 0,65 |
| | | | Total € | 22,34 |

| Pozo de gruesos + desarenador | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 22,34 | m ³ | 1,01 | 22,56 |

| Rejas de desbaste | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 22,34 | m ³ | 0,024 | 0,54 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| Desengrasador | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 22,34 | m ³ | 1,03 | 23,01 |

| Aliviadero entrada pozo de gruesos | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 22,34 | m ³ | 0,045 | 1,00 |

| Aliviadero entrada lagunas | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 22,34 | m ³ | 0,045 | 1,00 |

Transporte de tierras con camión.

Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia no limitada.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida |
|----|--------------------------------------|-------|---------|----------------|
| H | Camión basculante de 20 t. De carga. | 0,123 | 42,23 | 5,19 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 5,19 | 0,10 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 5,29 | 0,16 |
| | | | Total € | 5,45 |

| Laguna facultativa | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 25864,07 | 140.959,18 |

| Laguna maduración | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 1.092,96 | 5.965,63 |

| Pozo de gruesos + desarenador | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 1,01 | 5,5 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| Rejas de desbaste | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 0,024 | 0,13 |

| Desengrasador | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 1,03 | 5,6 |

| Aliviadero entrada pozo de gruesos | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 0,045 | 0,24 |

| Aliviadero entrada lagunas | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 5,45 | m ³ | 0,045 | 0,24 |

Muro pantalla de hasta 6 m de profundidad en terreno granular.

Muro pantalla de profundidad menor de 6 m, en terreno granular, con HA-25/F/20/iaa fabricado en central y vertido desde camión a través de tubo Tremie, acero UNE-EN 10080 B 400 S, 30 kg/m², de 20 a 45 cm de espesor.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|--------|--------|------------------|
| Kg | Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 400 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios. | 30,000 | 0,90 | 27,00 |
| Kg | Lodo tixotrópico (bentonita). | 6,200 | 0,87 | 5,39 |
| m ³ | Hormigón HA-25/F/20/iaa, fabricado en central vertido desde camión. | 0,585 | 73,91 | 43,24 |
| Ud | Repercusión, por m2 de muro pantalla de 45 cm de espesor, de los trabajos de excavación con lodos en terreno granular estable sin rechazo en el SPT, colocación de armaduras y hormigonado, incluso personal y maquinaria. | 1,005 | 47,25 | 47,49 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 123,12 | 2,46 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|-------------------|-------|---------|--------|
| % | Costes indirectos | 3,000 | 125,58 | 3,77 |
| | | | Total € | 129,35 |

| Pozo de gruesos + desarenador | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 129,35 | m ² | 9,25 | 1.196,49 |

| Rejas de desbaste | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 129,35 | m ² | 0,90 | 116,42 |

| Desengrasador | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 129,35 | m ² | 6,25 | 808,44 |

| Aliviadero entrada pozo de gruesos | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 129,35 | m ² | 1,28 | 125,57 |

| Aliviadero entrada lagunas | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 129,35 | m ² | 1,28 | 125,57 |

Solera de hormigón.

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Solera de HM-10/F/20/I fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor, extendido y vibrado manual, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica. | | | | |
|---|--|--|--|--|

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|-------|-------|------------------|
| m ³ | Hormigón HM-10/F/20/I, fabricado en central, vertido desde camión. | 0,105 | 45,02 | 4,73 |
| m ² | Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,55 (m ² K)/W, conductividad térmica 0,036 W/(mk), para junta de dilatación. | 0,050 | 1,34 | 0,07 |
| m | Masilla bicomponente, resistente a hidrocarburos | 0,800 | 1,02 | 0,82 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|---|-------|---------|-------|
| | y aceites, para sellado de juntas de retracción en soleras de hormigón. | | | |
| m | Aserrado de juntas de retracción en pavimento continuo de hormigón. | 0,400 | 0,66 | 0,26 |
| H | Dumper autocargable de 2 t de carga útil, con mecanismo hidráulico. | 0,019 | 9,27 | 0,18 |
| H | Regla vibrante de 3 m. | 0,085 | 4,67 | 0,40 |
| H | Fratasadora mecánica de hormigón. | 0,555 | 5,07 | 2,81 |
| H | Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón. | 0,101 | 9,09 | 0,92 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,064 | 15,29 | 0,98 |
| H | Ayudante construcción. | 0,064 | 14,88 | 0,95 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,032 | 14,08 | 0,45 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 12,57 | 0,25 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 12,82 | 0,38 |
| | | | Total € | 13,20 |

| Pozo de gruesos + desarenador | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,20 | m ² | 1,25 | 16,5 |

| Rejas de desbaste | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,20 | m ² | 0,05 | 0,66 |

| Desengrasador | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,20 | m ² | 4,71 | 62,17 |

| Aliviadero entrada pozo de gruesos | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,20 | m ² | 0,15 | 1,98 |

| Aliviadero entrada lagunas | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,20 | m ² | 0,15 | 1,98 |



Reja de desbaste

Reja metálica compuesta por bastidor de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm, barros horizontales de pletina de perfil macizo de acero laminado en caliente de 20x6 mm y barros verticales de tubo cuadrado de perfil hueco de acero laminado en frío de 20x20x1,5 mm, montaje mediante atornillado en hormigón.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida |
|----|--|--------|---------|----------------|
| m | Cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm. | 3,330 | 1,04 | 3,46 |
| m | Pletina de perfil macizo de acero laminado en caliente de 20x6 mm. | 5,000 | 0,96 | 4,80 |
| m | Tubo cuadrado de perfil hueco de acero laminado en frío de 20x20x1,5 mm. | 10,000 | 0,82 | 8,20 |
| Ud | Repercusión, por m ² de reja, de elementos de fijación sobre hormigón: tacos de expansión de acero, tornillos especiales y pasta química. | 1,000 | 3,02 | 3,02 |
| Kg | Imprimación SHOP-PRIMER a base de resinas pigmentadas con óxido de hierro rojo, cromato de zinc y fosfato de zinc. | 0,160 | 9,95 | 1,59 |
| H | Oficial 1ª cerrajero. | 0,712 | 15,54 | 11,06 |
| H | Ayudante cerrajero. | 0,712 | 14,94 | 10,64 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 42,77 | 0,86 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 43,63 | 1,31 |
| | | | Total € | 44,94 |

| Rejas de desbaste | | |
|-------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 44,94 | 1 | 44,94 |

Impermeabilización interior de lagunas mediante geotextil.

Impermeabilización interior de lagunas mediante lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-30/FV (50), totalmente adherida al soporte con soplete, previa imprimación del mismo con imprimación asfáltica, tipo EB, y protegida con una capa antipunzonante de geotextil de poliéster no tejido, 150 g/m.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida |
|----------------|--|-------|--------|----------------|
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/6, con resistencia a compresión a 28 días de 5 N/mm ² . | 0,020 | 115,30 | 2,31 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|----------------|--|-------|---------|-------|
| Kg | Imprimación asfáltica, tipo EB, UNE 104231. | 0,500 | 1,71 | 0,86 |
| m ² | Lámina de betún modificado con elastómero SBS, UNE-EN 13707, LBM(SBS)-30/FV (50), con armadura de fieltro de fibra de vidrio de 60 g/m ² , de superficie no protegida. | 1,100 | 5,91 | 6,50 |
| m | Banda de refuerzo de betún modificado con elastómero SBS LBM - 30 - FP, UNE-EN 13707, de 33 cm de ancho, masa nominal 3 kg/m ² , con armadura de fibra de polipropileno de 160 g/m ² , acabada con film plástico en ambas caras. | 0,500 | 3,10 | 1,55 |
| m ² | Geotextil de poliéster no tejido, 150 g/m ² , para capa separadora. | 1,100 | 0,68 | 0,75 |
| H | Oficial 1ª aplicador de láminas impermeabilizantes. | 0,095 | 15,29 | 1,45 |
| H | Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes. | 0,095 | 14,88 | 1,41 |
| H | Peón especializado construcción. | 0,080 | 14,54 | 1,16 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,080 | 14,08 | 1,13 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 17,12 | 0,34 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 17,46 | 0,52 |
| | | | Total € | 17,98 |

| Laguna facultativa | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 17,98 | m ² | 2.996,28 | 53.873,11 |

| Laguna maduración | | | |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 17,98 | m ² | 620,24 | 11.151,92 |

Medidor de caudal

Medidor de caudal Parshall modelo ELP-090 fabricado en central

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|-------|-------|------------------|
| m ³ | Vaciado | 5 | 20,49 | 102,45 |
| Ud. | Medidor de caudal tipo Parshall modelo ELP-090. | 1 | 540 | 540 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|---|-------|---------|--------|
| H | Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo. | 0,5 | 67,31 | 33,65 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,064 | 15,29 | 0,98 |
| H | Ayudante construcción. | 0,064 | 14,88 | 0,95 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,032 | 14,08 | 0,45 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 12,57 | 0,25 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 12,82 | 0,38 |
| | | | Total € | 679,11 |

| Medidor de caudal entrada lagunas | | |
|-----------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 679,11 | 1 | 679,11 |

| Medidor de caudal salida lagunas | | |
|----------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 679,11 | 1 | 679,11 |

Arqueta de reparto.

| |
|--|
| Arqueta de paso, prefabricada de hormigón, registrable, de dimensiones interiores 40x40x50 cm. |
|--|

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|--|-------|-------|------------------|
| m³ | Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central, vertido con cubilote. | 0,074 | 49,09 | 3,63 |
| Ud | Arqueta con fondo, registrable, prefabricada de hormigón fck=25 mpa, de 40x40x50 cm de medidas interiores, para saneamiento. | 1,000 | 36,44 | 36,44 |
| Ud | Marco y tapa prefabricados de hormigón armado fck=25 mpa, para arquetas de saneamiento de 40x40 cm, espesor de la tapa 4 cm. | 1,000 | 12,43 | 12,43 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|--|-------|---------|-------|
| T | Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro. | 0,355 | 7,23 | 2,57 |
| H | Retrocargadora s/neumáticos 75 CV. | 0,043 | 37,08 | 1,59 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,398 | 15,29 | 6,09 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,471 | 14,08 | 6,63 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 69,38 | 1,39 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 70,77 | 2,12 |
| | | | Total € | 72,89 |

| Arqueta de reparto laguna facultativas | | |
|--|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 72,89 | 2 | 145,78 |

| Arqueta de reparto laguna maduración | | |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 72,89 | 2 | 145,78 |

Tubería PVC 6 atm. D=75 mm

Ml. Tubería de PVC presión de Ø75 mm., para presión de trabajo de 6 atmósferas, incluso p/p de piezas especiales, cama de arena de 20 cm., rasanteo de la misma, colocación de la tubería, relleno de arena de 15 cm.

| Ud | Descomposición | Rend | P.s | Precio partida € |
|----|------------------------------|-------|---------|------------------|
| Hr | Oficial primera | 0.270 | 14.80 | 4.00 |
| Hr | Peón suelto | 0.270 | 13.58 | 3.67 |
| m³ | Arena de río (0-5mm) | 0.210 | 18.00 | 3.78 |
| m | Tub.PVC 75mm., 6Atm. | 1.000 | 1.36 | 1.36 |
| % | Costes indirectos..(s/total) | 0.128 | 3.00 | 0.38 |
| | | | Total € | 13,19 |

| Tubería PVC 6 atm. D=76,6 mm | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 13,19 | 6 | 79,14 |

Bidón para almacenar residuos peligrosos.

Bidón de 200 litros de capacidad para residuos peligrosos, apto para almacenar residuos de líquidos acuosos.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|------------------------|-------|-------|------------------|
| Ud | Bidón de 200 litros de | 1,000 | 60,00 | 60,00 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|---|-------|---------|-------|
| | capacidad, apto para almacenar residuos peligrosos. | | | |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,080 | 14,08 | 1,13 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 61,13 | 1,22 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 62,35 | 1,87 |
| | | | Total € | 64,22 |

| Bidón para almacenar residuos peligrosos. | | |
|---|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 64,22 | 1 | 64,22 |

Bidón para almacenar residuos sólidos urbanos.

Bidón de 200 litros de capacidad para residuos peligrosos, apto para almacenar esiduos sólidos urbanos.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|--|-------|---------|------------------|
| Ud | Bidón de 200 litros de capacidad, apto para almacenar residuos peligrosos. | 1,000 | 45,00 | 45,00 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,080 | 14,08 | 1,13 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 61,13 | 1, 2 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 62,35 | 1,87 |
| | | | Total € | 64,22 |

| Bidón para almacenar residuos peligrosos. | | |
|---|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 49,22 | 1 | 49,22 |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Presupuesto instalaciones E.D.A.R | 774.093,69 € |
|-----------------------------------|--------------|

CASSETAS PARA USOS VARIOS

Encofrado para losa de cimentación.

Encofrado recuperable metálico en losa de cimentación.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|--|-------|------|------------------|
| m² | Encofrado con panel metálico en cimentaciones. | 1,000 | 4,60 | 4,60 |
| m | Fleje para encofrado metálico. | 0,500 | 0,29 | 0,15 |
| Kg | Alambre para atar, de 1,30 mm de diámetro. | 0,050 | 1,33 | 0,07 |
| Kg | Puntas de acero de 20x100 mm. | 0,040 | 7,00 | 0,28 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|------------------------------|-------|---------|------|
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,120 | 15,29 | 1,83 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,120 | 14,08 | 1,69 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 8,62 | 0,17 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 8,79 | 0,26 |
| | | | Total € | 9,05 |

| Encofrado para losa de cimentación. | | | |
|-------------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 9,05 | m ² | 50 | 452,5 |

Soporte de hormigón armado.

Soporte rectangular o cuadrado de hormigón armado, HA-25/B/20/iaa fabricado en central y vertido con cubilote, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 120 kg/m³, encofrado con molde reutilizable Geotube Cuadrado y Rectangular "DALIFORMA" (hormigón visto), hasta 3 m de altura libre y 30x30 cm de sección media.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|---------|---------|------------------|
| Ud | Separador de plástico rígido, homologado para soportes. | 12,000 | 0,05 | 0,60 |
| Kg | Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios. | 120,000 | 0,91 | 109,20 |
| m | Montaje y desmontaje de encofrado para soportes de hormigón armado de sección rectangular o cuadrada Geotube Cuadrado y Rectangular "DALIFORMA", de hasta 3 m de altura y 30x30 cm de sección media, realizado con polipropileno reciclado estable a los rayos UV, para acabado visto del hormigón con cantos biselados. 100 reutilizaciones. | 11,111 | 1,73 | 19,22 |
| m ³ | Hormigón HA-25/B/20/iaa, fabricado en central vertido con cubilote. | 1,000 | 74,29 | 74,29 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,384 | 15,29 | 5,87 |
| H | Ayudante construcción. | 0,384 | 14,88 | 5,71 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,192 | 14,08 | 2,70 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 217,59 | 4,35 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 221,94 | 6,66 |
| | | | Total € | 228,60 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| Soporte de hormigón armado. | | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 228,60 | m ³ | 1,08 | 246,89 |

Forjado de losa maciza.

Forjado de losa maciza, horizontal, canto 24 cm; HA-25/B/20/ia fabricado en central y vertido con cubilote; acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 22 kg/m²; encofrado de madera; altura libre de planta de hasta 3 m. Sin incluir repercusión de soportes.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida |
|----------------|--|--------|---------|----------------|
| m ² | Montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo para forjado de losa maciza de hormigón armado, hasta 3 m de altura libre de planta, compuesto de: puntales, sopandas metálicas y superficie encofrante de madera tratada reforzada con varillas y perfiles. | 1,100 | 17,78 | 19,56 |
| m | Molde de poliestireno expandido para cornisa. | 0,100 | 8,81 | 0,88 |
| Ud | Separador de plástico rígido, homologado para losas macizas. | 3,000 | 0,07 | 0,21 |
| Kg | Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios. | 22,000 | 0,91 | 20,02 |
| m ³ | Hormigón HA-25/B/20/ia, fabricado en central vertido con cubilote. | 0,240 | 74,29 | 17,83 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,402 | 15,29 | 6,15 |
| H | Ayudante construcción. | 0,402 | 14,88 | 5,98 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,201 | 14,08 | 2,83 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 73,46 | 1,47 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 74,93 | 2,25 |
| | | | Total € | 77,18 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| Forjado losa maciza | | | |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 77,18 | m ² | 50 | 3.859 |

Muro exterior de fachada, de fábrica de ladrillo cara vista.

Muro exterior en cerramiento de fachada, de pie de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, con junta de 1 cm, rehundida, recibida con mortero de cemento M-7,5; con andamiaje homologado.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|--------|---------|------------------|
| Ud | Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, según UNE-EN 771-1. | 70,350 | 0,13 | 9,15 |
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-7,5, confeccionado en obra con 300 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/5, con resistencia a compresión a 28 días de 7,5 N/mm ² . | 0,026 | 122,30 | 3,18 |
| Kg | Aditivo hidrófugo para impermeabilización de morteros. | 0,155 | 1,03 | 0,16 |
| Ud | Repercusión de montaje, utilización y desmontaje de andamiaje homologado y medios de protección, por m ² de superficie ejecutada de revestimiento de fachada. | 1,000 | 6,00 | 6,00 |
| Kg | Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios. | 1,000 | 0,91 | 0,91 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,799 | 15,29 | 12,22 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,400 | 14,08 | 5,63 |
| % | Medios auxiliares | 3,000 | 37,25 | 1,12 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 38,37 | 1,15 |
| | | | Total € | 39,52 |

Muro exterior de fachada, de fábrica de ladrillo cara vista.

| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| 39,52 | m ² | 90 | 3.556,80 |



Cubierta inclinada con cobertura de teja.

Cubierta inclinada con una pendiente media del 30%, compuesta de: aislamiento térmico: manta ligera de lana de vidrio, según UNE-EN 13162, revestido por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 80 mm de espesor; formación de pendientes: ladrillo cerámico hueco rasillón, para revestir, 40x20x4 cm sobre tabiques aligerados de 100 cm de altura media; cobertura: teja cerámica mixta, 43x26 cm, color rojo; recibida con mortero de cemento M-2,5.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|--------|--------|------------------|
| m ² | Manta ligera de lana de vidrio, según UNE-EN 13162, revestido por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 80 mm de espesor, resistencia térmica 1,75 (m ² K)/W, conductividad térmica 0,044 W/(mk). | 1,050 | 2,81 | 2,95 |
| m | Cinta autoadhesiva para sellado de juntas. | 0,440 | 0,30 | 0,13 |
| Ud | Ladrillo cerámico hueco para revestir, 24x11x8 cm, según UNE-EN 771-1. | 55,497 | 0,08 | 4,44 |
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/6, con resistencia a compresión a 28 días de 5 N/mm ² . | 0,025 | 115,30 | 2,88 |
| Ud | Ladrillo cerámico hueco rasillón, para revestir, 40x20x4 cm, según UNE-EN 771-1. | 13,375 | 0,14 | 1,87 |
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-2,5, confeccionado en obra con 200 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/8, con resistencia a compresión a 28 días de 2,5 N/mm ² . | 0,030 | 105,30 | 3,16 |
| Ud | Teja cerámica mixta, 43x26 cm, color rojo, según UNE-EN 1304. | 12,000 | 0,45 | 5,40 |
| Ud | Pieza cerámica de caballete, mixta, color rojo, según UNE-EN 1304. | 0,622 | 1,60 | 1,00 |
| Ud | Teja cerámica de alero, mixta, | 0,166 | 1,94 | 0,32 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|----------------|--|-------|---------|-------|
| | color rojo. | | | |
| Ud | Teja cerámica de remate lateral, mixta, color rojo, según UNE-EN 1304. | 0,505 | 1,60 | 0,81 |
| Ud | Teja cerámica de ventilación, mixta, color rojo, según UNE-EN 1304. | 0,100 | 3,10 | 0,31 |
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-2,5, confeccionado en obra con 200 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/8, con resistencia a compresión a 28 días de 2,5 N/mm ² . | 0,030 | 105,30 | 3,16 |
| Kg | Pigmento para mortero. | 0,027 | 6,00 | 0,16 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,931 | 15,29 | 14,23 |
| H | Ayudante construcción. | 0,931 | 14,88 | 13,85 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,465 | 14,08 | 6,55 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 61,22 | 1,22 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 62,44 | 1,87 |
| | | | Total € | 64,31 |

| Cubierta inclinada con cobertura de teja. | | | |
|---|--------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 64,31 | M2 | 50 | 3.215 |

Puerta de entrada a vivienda de aluminio.

Puerta de entrada a vivienda de aluminio termolacado en polvo, block de seguridad, de 90x210 cm, estampación a una cara, acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|--|-------|--------|------------------|
| Ud | Puerta de entrada de aluminio termolacado, block de seguridad, 90x210 cm, acabado en color blanco RAL 9010 con estampación a una cara, cerradura con un punto de cierre, y accesorios. | 1,000 | 375,63 | 375,63 |
| Ud | Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior. | 0,200 | 3,13 | 0,63 |
| H | Oficial 1ª cerrajero. | 0,359 | 15,54 | 5,58 |
| H | Ayudante cerrajero. | 0,179 | 14,94 | 2,67 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|-------------------|-------|---------|--------|
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 384,51 | 7,69 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 392,20 | 11,77 |
| | | | Total € | 403,97 |

| Puerta de entrada a vivienda de aluminio. | | |
|---|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 403,97 | 2 | 807,94 |

Carpintería exterior en acero.

Carpintería de acero galvanizado, en ventana practicable de dos hojas de 120x120 cm, perfilaría con premarco.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|-------|---------|------------------|
| m | Premarco de tubo rectangular de acero galvanizado para carpintería exterior. | 4,800 | 3,97 | 19,06 |
| m ² | Carpintería de acero galvanizado para ventana practicable de dos hojas, perfilaría con carril para persiana, con perfiles conformados en frío de 1 mm de espesor, según UNE-EN 14351-1. Incluso p/p de junquillo para fijación del vidrio y herrajes de colgar y de seguridad. | 1,512 | 76,74 | 116,03 |
| Ud | Cartucho de masilla de silicona neutra para sellado de carpintería exterior. | 0,130 | 3,13 | 0,41 |
| H | Oficial 1ª cerrajero. | 0,243 | 15,54 | 3,78 |
| H | Ayudante cerrajero. | 0,127 | 14,94 | 1,90 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 141,18 | 2,82 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 144,00 | 4,32 |
| | | | Total € | 148,32 |

| Carpintería exterior en acero. | | |
|--------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 148,32 | 2 | 296,64 |



Acristalamiento con cámara.

Doble acristalamiento estándar, 4/8/6, con calzos y sellado continuo.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|-------|---------|------------------|
| m ² | Doble acristalamiento estándar, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 8 mm, y vidrio interior Float incoloro de 6 mm de espesor. | 1,006 | 20,03 | 20,15 |
| Ud | Cartucho de silicona sintética incolora de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho). | 0,580 | 2,42 | 1,40 |
| Ud | Material auxiliar para la colocación de vidrios. | 1,000 | 1,26 | 1,26 |
| H | Oficial 1ª cristalero. | 0,272 | 14,86 | 4,04 |
| H | Ayudante cristalero. | 0,272 | 14,75 | 4,01 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 30,86 | 0,62 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 31,48 | 0,94 |
| | | | Total € | 32,42 |

Acristalamiento con cámara.

| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|
| 32,42 | m ² | 2,88 | 93,37 |

Muro de partición interior, de fábrica de ladrillo cara vista.

Hoja de partición interior de 1/2 pie de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, con junta de 1 cm, rehundida, recibida con mortero de cemento M-7,5.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|--------|--------|------------------|
| Ud | Ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, según UNE-EN 771-1. | 70,350 | 0,13 | 9,15 |
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-7,5, confeccionado en obra con 300 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/5, con resistencia a compresión a 28 | 0,026 | 122,30 | 3,18 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|---------------------------------|-------|---------|-------|
| | días de 7,5 N/mm ² . | | | |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,720 | 15,29 | 11,01 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,360 | 14,08 | 5,07 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 28,41 | 0,57 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 28,98 | 0,87 |
| | | | Total € | 29,85 |

| Muro de partición interior, de fábrica de ladrillo cara vista. | | | |
|--|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 29,85 | m ² | 15 | 447,75 |

Instalación interior en cuarto húmedo.

Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: inodoro, lavabo sencillo, ducha de obra, realizada con polietileno reticulado (PE-X), para la red de agua fría y caliente.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|---|--------|-------|------------------|
| Ud | Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polietileno reticulado (PE-X), de 16 mm de diámetro exterior. | 13,500 | 0,08 | 1,08 |
| m | Tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 16 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 1,8 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15875-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales. | 13,500 | 2,09 | 28,22 |
| Ud | Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polietileno reticulado (PE-X), de 20 mm de diámetro exterior. | 17,000 | 0,09 | 1,53 |
| m | Tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 20 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 1,9 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15875-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales. | 17,000 | 2,55 | 43,35 |
| Ud | Válvula de asiento de latón, de 20 mm de diámetro, con | 2,000 | 17,44 | 34,88 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|--|-------|---------|--------|
| | maneta y embellecedor de acero inoxidable. | | | |
| H | Oficial 1ª fontanero. | 4,717 | 15,80 | 74,53 |
| H | Ayudante fontanero. | 4,717 | 14,86 | 70,09 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 253,68 | 5,07 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 258,75 | 7,76 |
| | | | Total € | 266,51 |

| Instalación interior en cuarto húmedo. | | |
|--|---------------------|----------------|
| PRECIO UNIDAD € | UNIDADES NECESARIAS | PRECIO FINAL € |
| 266,51 | 1 | 266,51 |

Termo eléctrico.

| |
|--|
| Termo eléctrico, mural vertical, resistencia blindada, 30 l, 1800 W. |
|--|

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida |
|----|---|-------|---------|----------------|
| Ud | Latiguillo flexible de 20 cm y 1/2" de diámetro. | 2,000 | 2,85 | 5,70 |
| Ud | Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1/2". | 2,000 | 4,13 | 8,26 |
| Ud | Termo eléctrico para el servicio de A.C.S., mural vertical, resistencia blindada, capacidad 30 l, potencia 1800 W, incluso válvula de seguridad antirretorno. | 1,000 | 189,90 | 189,90 |
| Ud | Material auxiliar para instalaciones de A.C.S. | 1,000 | 1,45 | 1,45 |
| H | Oficial 1ª fontanero. | 0,598 | 15,80 | 9,45 |
| H | Ayudante fontanero. | 0,598 | 14,86 | 8,89 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 223,65 | 4,47 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 228,12 | 6,84 |
| | | | Total € | 234,96 |

| Termo eléctrico. | | |
|------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 234,96 | 1 | 234,96 |

Lav. Victoria blanco grif. Vict. Pl.

| |
|---|
| Lavabo de Roca modelo Victoria de 52x41 cm. Con pedestal en blanco, con mezclador de lavabo modelo Victoria Plus o similar, válvula de desagüe de 32 mm., llave de escuadra de 1/2" cromada, sifón individual PVC 40 mm. Y latiguillo flexible de 20 cm., totalmentete instalado. |
|---|



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|----|--|-------|---------|---------|
| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Total € |
| Hr | ficial 1ª fontanero | 1.000 | 13.50 | 13.50 |
| Ud | Lav. Victoria 52x41 ped.blan. | 1.000 | 55.40 | 55.40 |
| Ud | Mezclador lavabo Victoria Plus | 1.000 | 42.50 | 42.50 |
| Ud | Valv.recta lavado/bide c/tap. | 1.000 | 2.50 | 2.50 |
| Ud | Llave de escuadra 1/2" cromada c/mando | 2.000 | 3.77 | 7.54 |
| Ud | Latiguillo flexible de 20 cm. | 1.000 | 1.00 | 1.00 |
| Ud | Sifón tubular s/horizontal | 1.000 | 3.94 | 3.94 |
| Ud | Florón cadenilla tapón | 1.000 | 1.93 | 1.93 |
| % | Costes indirectos..(s/total) | 1.283 | 3.00 | 3.85 |
| | | | Total € | 132,16 |

| Lav. Victoria blanco grif. Vict. Pl. | | |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 132,16 | 2 | 264,32 |

Inodoro victoria t. Alto blanco

Inodoro de Roca modelo Victoria de tanque alto en blanco, con cisterna en plástico, mecanismo, tapa asiento en plástico, llave de escuadra 1/2" cromada, latiguillo flexible de 20 cm., empalme simple PVC de 110 mm., totalmentete instalado.

| | | | | |
|----|--|-------|---------|---------|
| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Total € |
| Hr | Oficial 1ª fontanero | 1.500 | 13.50 | 20.25 |
| Ud | Inodoro Victoria t. Alto blanco | 1.000 | 77.60 | 77.60 |
| Ud | Latiguillo flexible de 20 cm. | 1.000 | 1.00 | 1.00 |
| Ud | Llave de escuadra 1/2" cromada c/mando | 1.000 | 3.77 | 3.77 |
| Ud | Tapa inod. Victoria plastico | 1.000 | 18.80 | 18.80 |
| Ud | Tanque alto plást. C/mecanis. | 1.000 | 20.10 | 20.10 |
| Ud | Manguito unión h-h PVC 90 mm. | 1.000 | 4.27 | 4.27 |
| m | Tub. PVC evac. 90 mm. UNE EN 1329 | 0.700 | 2.04 | 1.43 |
| m | Tub. PVC evac. 40 mm. UNE EN 1329 | 1.500 | 0.81 | 1.22 |
| % | Costes indirectos..(s/total) | 1.484 | 3.00 | 4.45 |
| | | | Total € | 152,89 |

| Inodoro victoria t. Alto blanco | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 152,89 | 1 | 152,89 |



Red de distribución interior para local u oficina.

Red eléctrica de distribución interior para local de 25 m², compuesta de: cuadro general de mando y protección; circuitos interiores con cableado bajo tubo protector de PVC flexible: 1 circuito para alumbrado, 1 circuito para tomas de corriente, 1 circuito para calefacción eléctrica, 1 circuito para alumbrado de emergencia; mecanismos gama básica (tecla o tapa y marco: blanco; embellecedor: blanco).

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|---|-------|-------|------------------|
| Ud | Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 1 fila de 14 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010. Según UNE-EN 60670-1. | 1,000 | 21,71 | 21,71 |
| Ud | Interruptor general automático (IGA), con 6 ka de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, de corte omnipolar (2P), de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 1,000 | 14,08 | 14,08 |
| Ud | Interruptor diferencial, 2P/40A/300ma, de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1. | 1,000 | 80,79 | 80,79 |
| Ud | Interruptor diferencial, 2P/40A/30ma, de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1. | 1,000 | 42,27 | 42,27 |
| Ud | Interruptor automático magnetotérmico, con 6 ka de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, de corte omnipolar (2P), de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 2,000 | 12,43 | 24,86 |
| Ud | Interruptor automático magnetotérmico, con 6 ka de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, de corte omnipolar (2P), de 2 módulos, incluso p/p de | 1,000 | 12,66 | 12,66 |



| | | | | |
|----|---|--------|-------|-------|
| | accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | | | |
| Ud | Interruptor automático magnetotérmico, con 6 ka de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, de corte onipolar (2P), de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1. | 1,000 | 14,08 | 14,08 |
| m | Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22. | 17,015 | 0,21 | 3,57 |
| m | Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 25 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22. | 6,433 | 0,31 | 1,99 |
| Ud | Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro. | 1,000 | 1,79 | 1,79 |
| Ud | Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados. | 5,000 | 0,25 | 1,25 |
| Ud | Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados. | 4,000 | 0,47 | 1,88 |
| m | Cable unipolar ES07Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), | 61,500 | 0,62 | 38,13 |



| | | | | |
|----|--|--------|-------|-------|
| | siendo su tensión asignada de 450/750 V. Según UNE 211025. | | | |
| m | Cable unipolar ES07Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 450/750 V. Según UNE 211025. | 38,750 | 1,32 | 51,15 |
| Ud | Interruptor monopolar, gama básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 5,84 | 5,84 |
| Ud | Doble interruptor, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 8,98 | 8,98 |
| Ud | Interruptor bipolar, gama básica, con tecla bipolar y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 10,59 | 10,59 |
| Ud | Conmutador, serie básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 6,22 | 6,22 |
| Ud | Doble conmutador, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 11,16 | 11,16 |
| Ud | Pulsador, gama básica, con tecla con símbolo de timbre y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 6,58 | 6,58 |
| Ud | Zumbador 230 V, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 1,000 | 20,71 | 20,71 |
| Ud | Base de enchufe de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco. | 2,000 | 6,22 | 12,44 |
| Ud | Material auxiliar para instalaciones eléctricas. | 2,000 | 1,48 | 2,96 |
| H | Oficial 1ª electricista. | 2,788 | 15,80 | 44,05 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|------------------------|-------|---------|--------|
| H | Ayudante electricista. | 2,534 | 14,86 | 37,66 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 477,40 | 9,55 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 486,95 | 14,61 |
| | | | Total € | 501,56 |

| Red de distribución interior para local u oficina. | | |
|--|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 501,56 | 2 | 1.003,12 |

Alicatado con baldosas cerámicas.

Alicatado con azulejo liso, 1/0/-/-, 15x15 cm, 8 €/m², colocado en paramentos interiores de ladrillo o bloque cerámico (no incluido en este precio), mediante mortero de cemento M-5, sin junta (separación entre 1,5 y 3 mm).

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|-------|---------|------------------|
| m ³ | Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/6, con resistencia a compresión a 28 días de 5 N/mm ² . | 0,030 | 115,30 | 3,46 |
| m | Cantonera de PVC en esquinas alicatadas. | 0,500 | 1,32 | 0,66 |
| m ² | Baldosa cerámica de azulejo liso 1/0/-/-, 15x15 cm, 8,00 €/m ² , según UNE-EN 14411. | 1,050 | 8,00 | 8,40 |
| m ³ | Lechada de cemento blanco BL 22,5 X. | 0,001 | 157,00 | 0,16 |
| H | Oficial 1ª alicatador. | 0,324 | 15,29 | 4,95 |
| H | Ayudante alicatador. | 0,324 | 14,88 | 4,82 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 22,45 | 0,45 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 22,90 | 0,69 |
| | | | Total € | 23,59 |

| Alicatado con baldosas cerámicas. | | | |
|-----------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 23,59 | m ² | 60 | 1.415,4 |



Solado de baldosas cerámicas.

Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado, 2/0/-/-, de 25x25 cm, 8 €/m², recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci sin ninguna característica adicional, color gris, y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|---|-------|--------|------------------|
| Kg | Adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci, color gris. | 3,000 | 0,22 | 0,66 |
| M ² | Baldosa cerámica de gres esmaltado 2/0/-/-, 33x33 cm, 8,00 €/m ² , según UNE-EN 14411. | 1,050 | 8,00 | 8,40 |
| Kg | Cemento blanco BL-22,5 X, para pavimentación, en sacos, según UNE 80305. | 1,000 | 0,14 | 0,14 |
| m ³ | Lechada de cemento blanco BL 22,5 X. | 0,001 | 157,00 | 0,16 |
| H | Oficial 1ª solador. | 0,320 | 15,29 | 4,89 |
| H | Ayudante solador. | 0,160 | 14,88 | 2,38 |
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 16,63 | 0,33 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 16,96 | 0,51 |
| Total € | | | | 17,47 |

| Solado de baldosas cerámicas. | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 17,47 | m ² | 50 | 878,50 |

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Presupuesto casetas usos varios | 17.191,59 € |
|---------------------------------|-------------|

CERRAMIENTO

Malla de simple torsión para vallado de parcela.

Cerramiento de parcela formado por malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado y montantes de postes de acero galvanizado, de 48 mm de diámetro y 2 m de altura.

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----|---|-------|------|------------------|
| Ud | Poste intermedio de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro, altura 2 m. | 0,220 | 8,99 | 1,98 |
| Ud | Poste interior de refuerzo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro, altura 2 m. | 0,060 | 9,54 | 0,57 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|----------------|--|-------|---------|-------|
| Ud | Poste extremo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro, altura 2 m. | 0,040 | 11,53 | 0,46 |
| Ud | Poste en escuadra de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro, altura 2 m. | 0,200 | 12,39 | 2,48 |
| m ² | Malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado. | 2,400 | 1,27 | 3,05 |
| H | Oficial 1ª montador. | 0,072 | 15,80 | 1,14 |
| H | Ayudante montador. | 0,072 | 14,88 | 1,07 |
| % | Medios auxiliares | 3,000 | 10,75 | 0,32 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 11,07 | 0,33 |
| | | | Total € | 11,40 |

| Vallado perimetral E.D.A.R | | | |
|----------------------------|--------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 11,40 | m | 413,76 | 4.716,86 |

| Vallado perimetral lagunas facultativas | | | |
|---|--------|---------------------|----------------|
| Precio unidad € | Unidad | Unidades necesarias | Precio final € |
| 11,40 | m | 72,62 | 827,87 |

Puerta con malla para valla.

| |
|--|
| Puerta de paso de 2x2,5 m constituida por malla de simple torsión con acabado galvanizado en caliente de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro. |
|--|

| Ud | Descomposición | Rend. | P.s. | Precio partida € |
|----------------|--|-------|-------|------------------|
| m ³ | Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central, vertido con cubilote. | 0,100 | 49,09 | 4,91 |
| Ud | Puerta de paso constituida por cercos de tubo metálico de 40x20x1,5 mm y 30x15x1,5 mm, y bastidor de tubo de 40x40x1,5 mm con pletina de 40x4 mm para sujeción de malla de simple torsión. | 1,000 | 66,36 | 66,36 |
| m ² | Malla de simple torsión, de 8 mm de paso de malla y 1,1 mm de diámetro, acabado galvanizado. | 2,050 | 1,27 | 2,60 |
| H | Oficial 1ª construcción. | 0,159 | 15,29 | 2,43 |
| H | Peón ordinario construcción. | 0,159 | 14,08 | 2,24 |
| H | Oficial 1ª cerrajero. | 0,558 | 15,54 | 8,67 |
| H | Ayudante cerrajero. | 0,558 | 14,94 | 8,34 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | | | |
|---|-------------------|-------|---------|--------|
| % | Medios auxiliares | 2,000 | 95,55 | 1,91 |
| % | Costes indirectos | 3,000 | 97,46 | 2,92 |
| | | | Total € | 100,38 |

| | | |
|------------------------------|---------------------|----------------|
| Puerta con malla para valla. | | |
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 100,38 | 2 | 200,76 |

| | |
|-------------------------|------------|
| Presupuesto cerramiento | 5.745,49 € |
|-------------------------|------------|

MATERIAL ADICIONAL PARA E.D.A.R

| | | |
|----|---|------------------|
| Ud | Descomposición | Precio partida € |
| Ud | Material para el mantenimiento y explotación de la E.D.A.R (rasquetas manuales, azadón, guantes, botiquín, etc.) | 3.500 |
| | | Total € |
| | | 3.500 |

| | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------|
| Material adicional para E.D.A.R | | |
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final € |
| 3.500 | 1 | 3.500 |

| | |
|--|---------|
| Presupuesto material adicional E.D.A.R | 3.500 € |
|--|---------|

| | |
|---------------------------|--------------|
| Presupuesto final E.D.A.R | 838.555,77 € |
|---------------------------|--------------|

PRESUPUESTO MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN E.D.A.R

PRESUPUESTO GENERAL MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN E.D.A.R

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| MANTENIMIENTO GENERAL E.D.A.R | 420,00 € / mes |
| MANTENIMIENTO INSTALACIONES E.D.A.R | 900,42 € / mes |
| EXPLOTACION E.D.A.R | 685,00 € / mes |
| TOTAL | 2.005,42 € / mes |



PRESUPUESTO DESGLOSADO MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

MANTENIMIENTO GENERAL E.D.A.R

Limpieza unidades de pretratamiento.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|---------|--|------------------|
| H | Limpieza unidades de pretratamiento, retirada de sólidos del pozo de gruesos, limpieza rejillas de desbaste y retirada de grasas y aceites del desengrasador | 15,00 |
| Total € | | 15,00 |

| Limpieza unidades pretratamiento | | |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 15,00 | 2 h/semana | 120,00 |

Mantenimiento medidor de caudal.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|---------|---|------------------|
| H | Limpieza de residuos sólidos del medidor de caudal. | 15,00 |
| Total € | | 15,00 |

| Mantenimiento medidor de caudal. | | |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 15,00 | 1 h/semana | 60,00 |

Mantenimiento recinto E.D.A.R.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|---------|--|------------------|
| H | Limpieza de hierbas, alrededor de lagunas y recinto de la E.D.A.R. | 15,00 |
| Total € | | 15,00 |

| Mantenimiento recinto E.D.A.R. | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 15,00 | 4 h/semana | 240,00 |

| | |
|---|--------------|
| Presupuesto mantenimiento general E.D.A.R | 420,00 €/mes |
|---|--------------|

MANTENIMIENTO INSTALACIONES E.D.A.R.

Muros pantalla preproceso.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|----------------|--|------------------|
| m ² | Inspección anual, y reparación y sustitución cada 5 años del | 5,19 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

| | | |
|--|--------------------|------|
| | sellado de juntas. | |
| | Total € | 5,19 |

| Muros pantalla preproceso. | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 5,19 | 18,96 | 98,40 |

| Mantenimiento reja de desbaste. | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Ud | Descomposición | Precio partida € |
| Ud | Repintado anual reja de desbaste. | 120,00 |
| | Total € | 120,00 |

| Mantenimiento reja de desbaste. | | |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 120,00 | 1/12 | 10,00 |

Revestimiento con geotextil.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|----------------|---|------------------|
| m ² | Inspección visual de la superficie de impermeabilización, del estado de fijación al soporte y pegado del geotextil en caso necesario. | 0,53 |
| | Total € | 0,53 |

| Mantenimiento revestimiento con geotextil. | | |
|--|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 0,04 | 3616,52 | 144,66 |

Mantenimiento casetas usos varios.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|----------------|--|------------------|
| m ² | Eliminación de vegetación y materiales acumulados por el viento, mantenimiento de la protección de la cubierta en estados iniciales, y mantenimiento del sistema de aislamiento e impermeabilización de la cubierta. | 1,77 |
| | Total € | 1,77 |

| Mantenimiento casetas usos varios. | | |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 1,77 | 50 | 88,50 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

Mantenimiento mallas de cerramiento.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|----------------|--|------------------|
| m ² | Repintado anual de elementos metálicos, revisión de anclajes y reparación de desperfectos que puedan aparecer. | 1,72 |
| Total € | | 1,72 |

| Mantenimiento mallas de cerramiento. | | |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 1,72 | 324,92 | 558,86 |

| | |
|---|--------------|
| Presupuesto mantenimiento instalaciones E.D.A.R | 900,42 €/mes |
|---|--------------|

EXPLOTACIÓN E.D.A.R.

Control de procesos de funcionamiento.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|---------|--|------------------|
| H | Inspección visual diaria del operario (estado de medidores de caudal y arquetas de reparto, aparición de espumas y flotantes en distintos puntos de las lagunas, coloración en las distintas lagunas, presencia de insectos o larvas en las lagunas, etc.) | 15,00 |
| Total € | | 15,00 |

| Control de procesos de funcionamiento. | | |
|--|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 15,00 | 40 | 600,00 |

Campaña de muestreo anual.

| Ud | Descomposición | Precio partida € |
|---------|--|------------------|
| Ud | Recogida de muestra en el mes más caliente y en el mes más frío, y posterior análisis. | 600,00 |
| Total € | | 600,00 |

| Campaña de muestreo anual. | | |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 600,00 | 1/12 | 50,00 |



Proyecto de construcción de una E.D.A.R en Hormigos

Reposición material adicional E.D.A.R

| | | |
|---------|---------------------------------------|------------------|
| Ud | Descomposición | Precio partida € |
| Ud | Reposición material adicional E.D.A.R | 3500,00 |
| Total € | | 3500,00 |

| | | |
|--|---------------------|--------------------|
| Reposición material adicional E.D.A.R. | | |
| Precio unidad € | Unidades necesarias | Precio final €/mes |
| 3500,00 | 0,01 | 35,00 |

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Presupuesto explotación E.D.A.R | 685,00 €/mes |
|---------------------------------|--------------|

| | |
|---|---------------|
| Presupuesto explotación y mantenimiento E.D.A.R | 2005,42 €/mes |
|---|---------------|



ANEXO III:

Primeros auxilios



PRIMEROS AUXILIOS.

Toda instalación de depuración de aguas residuales debe de estar provista de un botiquín de primeros auxilios, que debe contener:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados.
- Gasas estériles y algodón hidrófilo
- Vendas, esparadrapos y apósitos adhesivos.
- Tijeras, pinzas y guantes desechables.

Es recomendable que se organicen cursos sobre primeros auxilios, y que exista un plan de actuación en caso de accidente.

RECOMENDACIONES EN CASO DE ACCIDENTE.

A continuación se dan unas recomendaciones sobre las actuaciones de primeros auxilios en caso de accidente.

Heridas.

Las heridas pequeñas y erosiones se deben curar siempre con material del botiquín, en cambio cuando se trate de heridas mayores se procederá al traslado del accidentado al hospital sin utilizar pomadas, líquidos o colocar algodón directamente sobre la herida. En el caso de heridas sangrantes (hemorragias) se debe de proceder a taponar con gasas y envolver con abundante grueso de algodón realizando un vendado apretado, si no se logra cortar la hemorragia se debe aplicar un torniquete en la extremidad afectada y realizar un traslado urgente al hospital.

Lesiones con líquidos corrosivos.

En el caso de producirse una lesión por contacto con líquido corrosivo se debe de tratar con agua en abundancia, y sacar la ropa si esta empapada en líquido corrosivo. Si la lesión es grave se debe tapar la herida sin comprimir y trasladar al herido a un hospital. Lesiones oculares.



Las lesiones oculares se deben lavar con agua abundante, procediendo a tapar los dos ojos y no tocar. Trasladar al herido al hospital, a ser posible a un centro especializado.

Quemaduras.

Las quemaduras pequeñas deben de taparse con gasas y trasladar al herido al hospital sin prisa.

En las quemaduras grandes o extensas nunca se debe de tocar ni sacar la ropa si está pegada a la quemadura, ni tan solo tapar la quemadura con gasas estériles, en este caso el traslado al hospital debe de ser urgente.

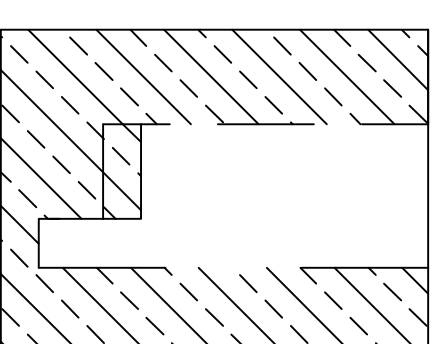
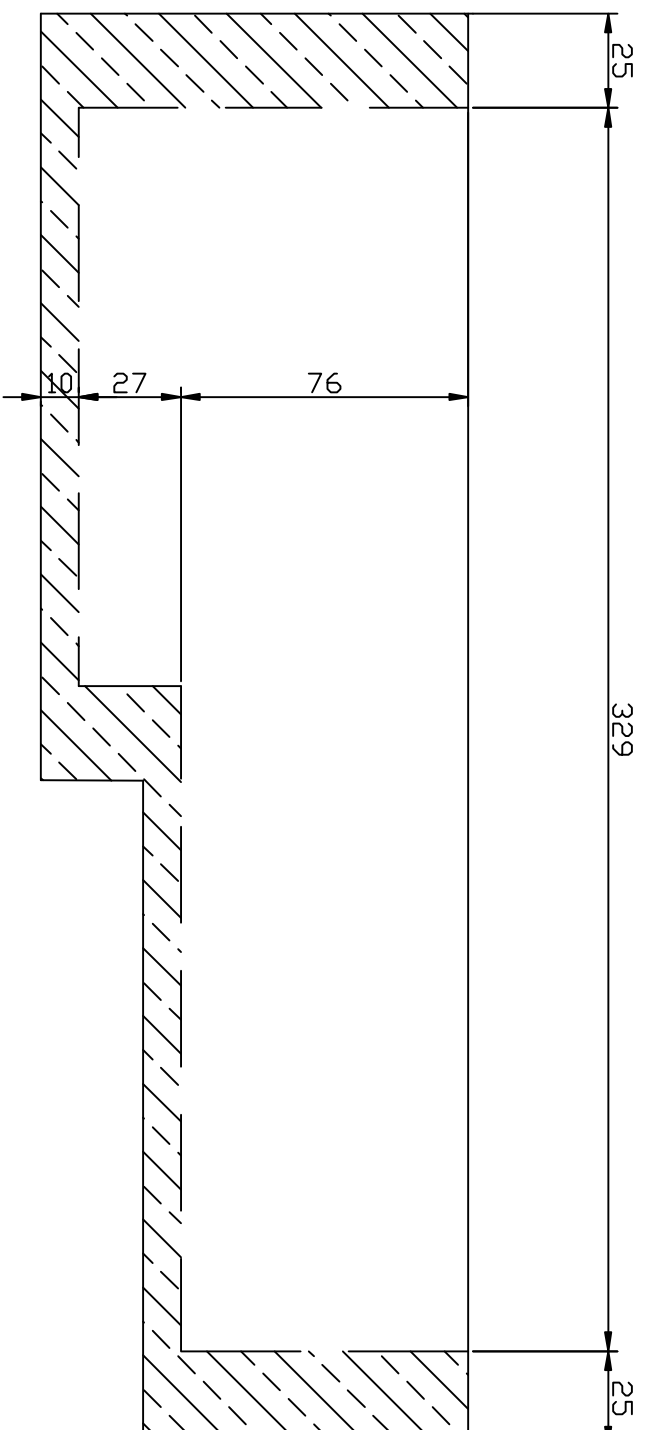
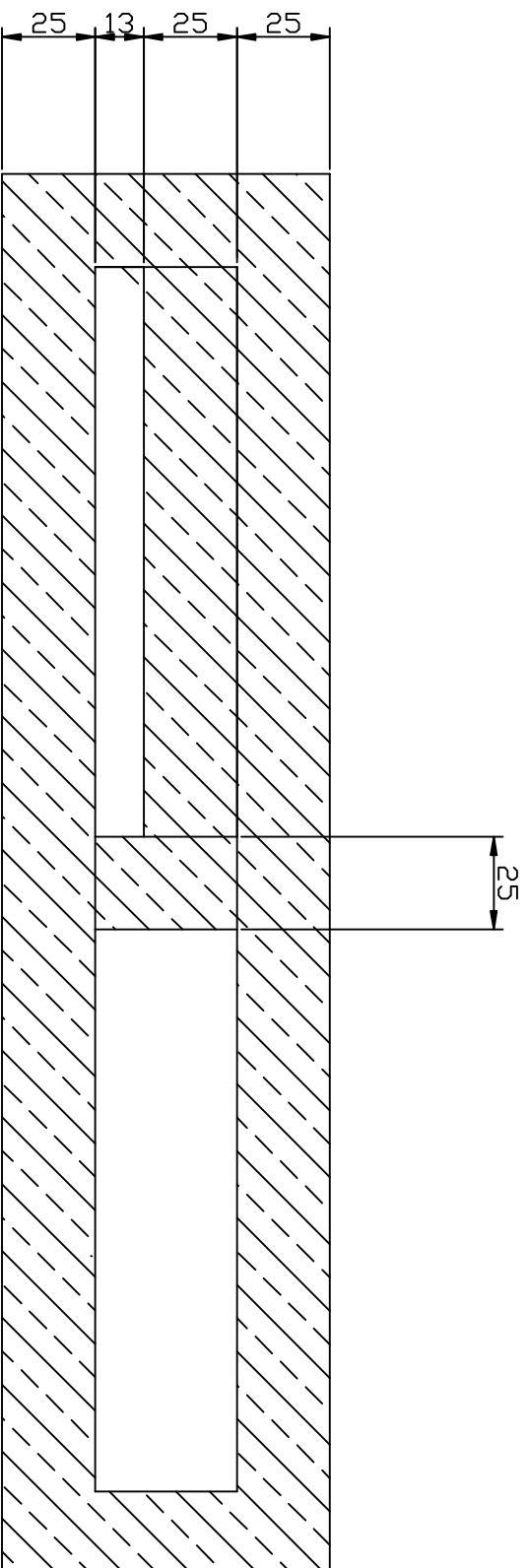
Accidentes eléctricos.

Antes de nada se debe de cerrar el paso de corriente. Si hay cables rotos o sueltos, apartarlos del lesionado con un objeto de madera. Si el afectado esta inconsciente y no respira, inmediatamente aplicar la respiración artificial boca a boca y masaje cardiaco. En los casos de electrocución se debe de trasladar urgentemente al herido. En el caso de que hubiera lesiones cutáneas se trataran como quemaduras.



ANEXO IV: Planos

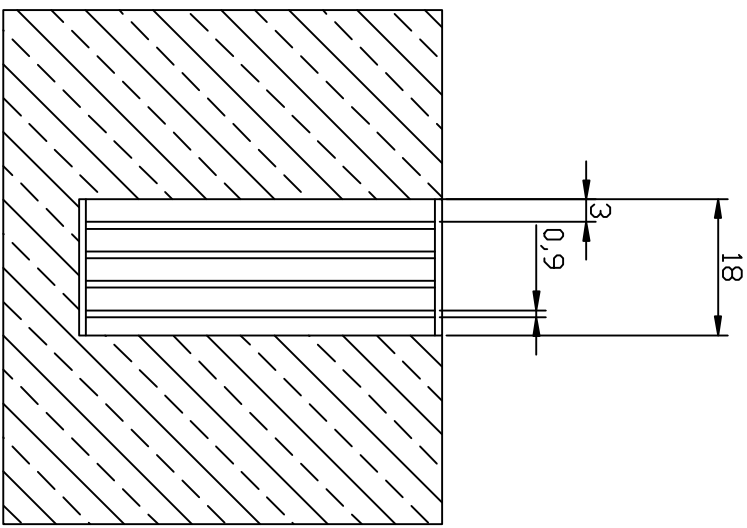
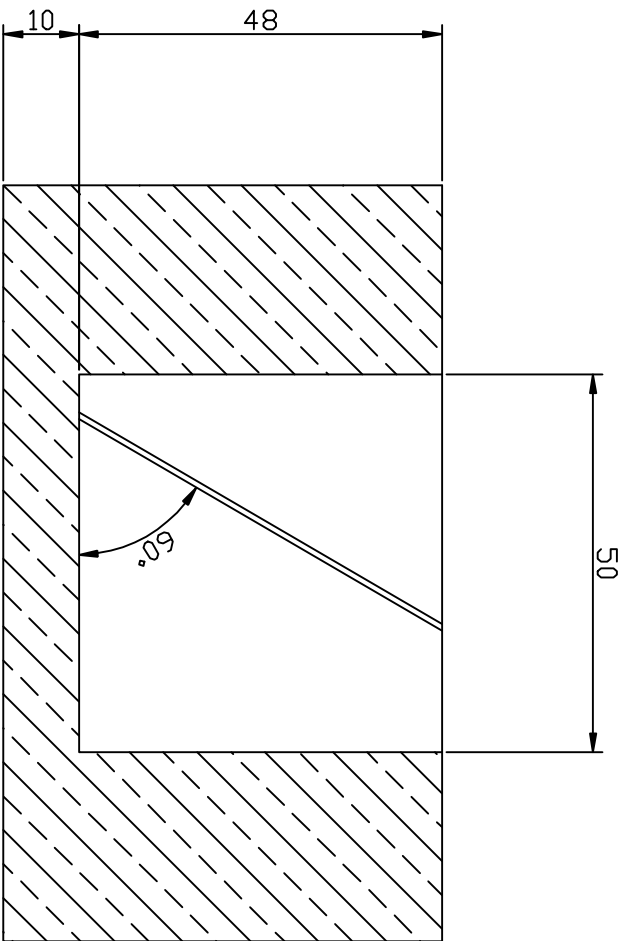
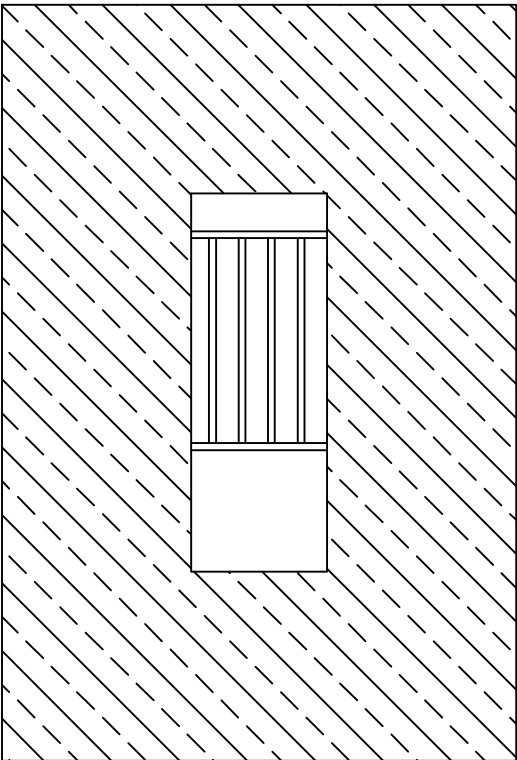




| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONIO_AZNAR | Unidades CENTIMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:20 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

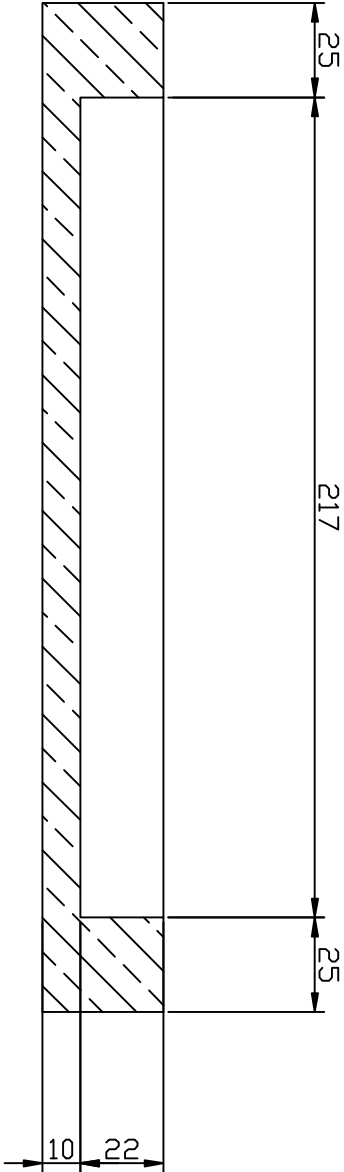
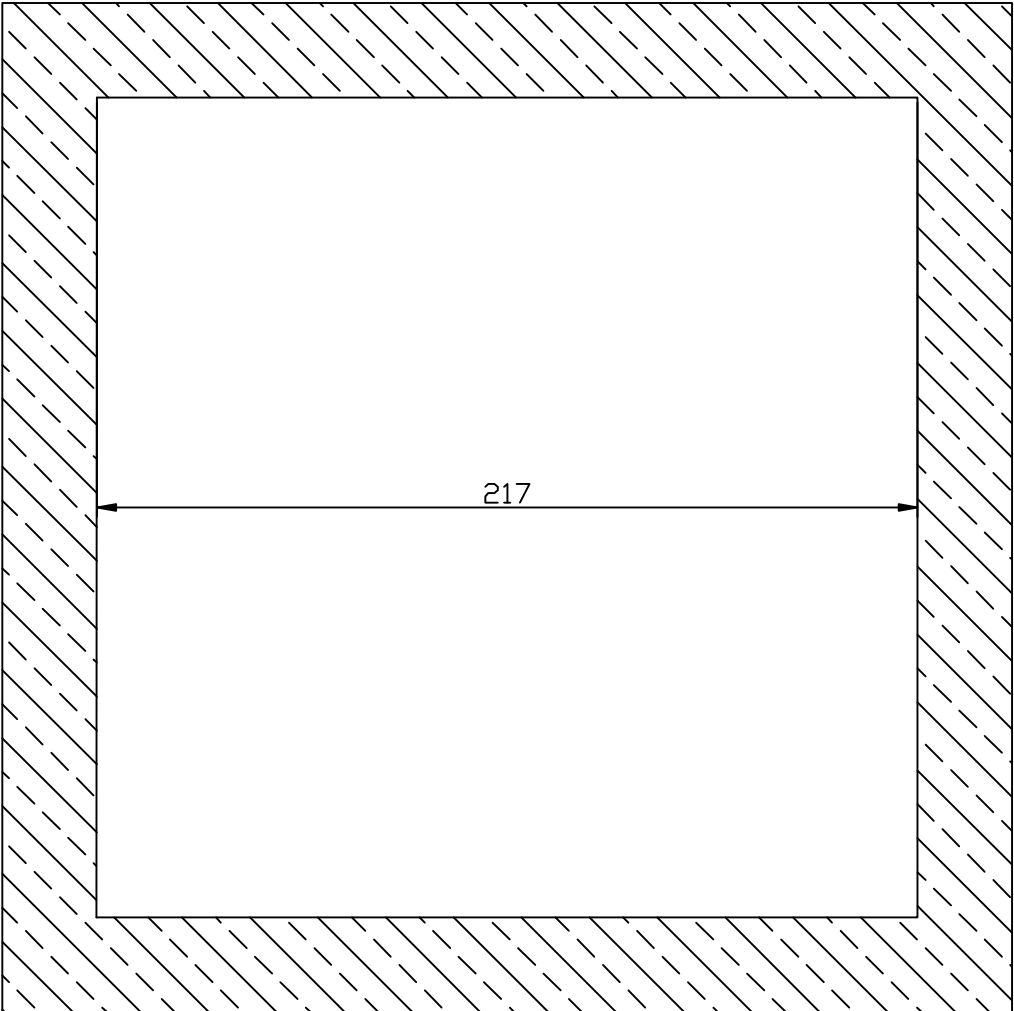
POZO DE GRUESOS Y DESARENADOR

PLANO Nº 1



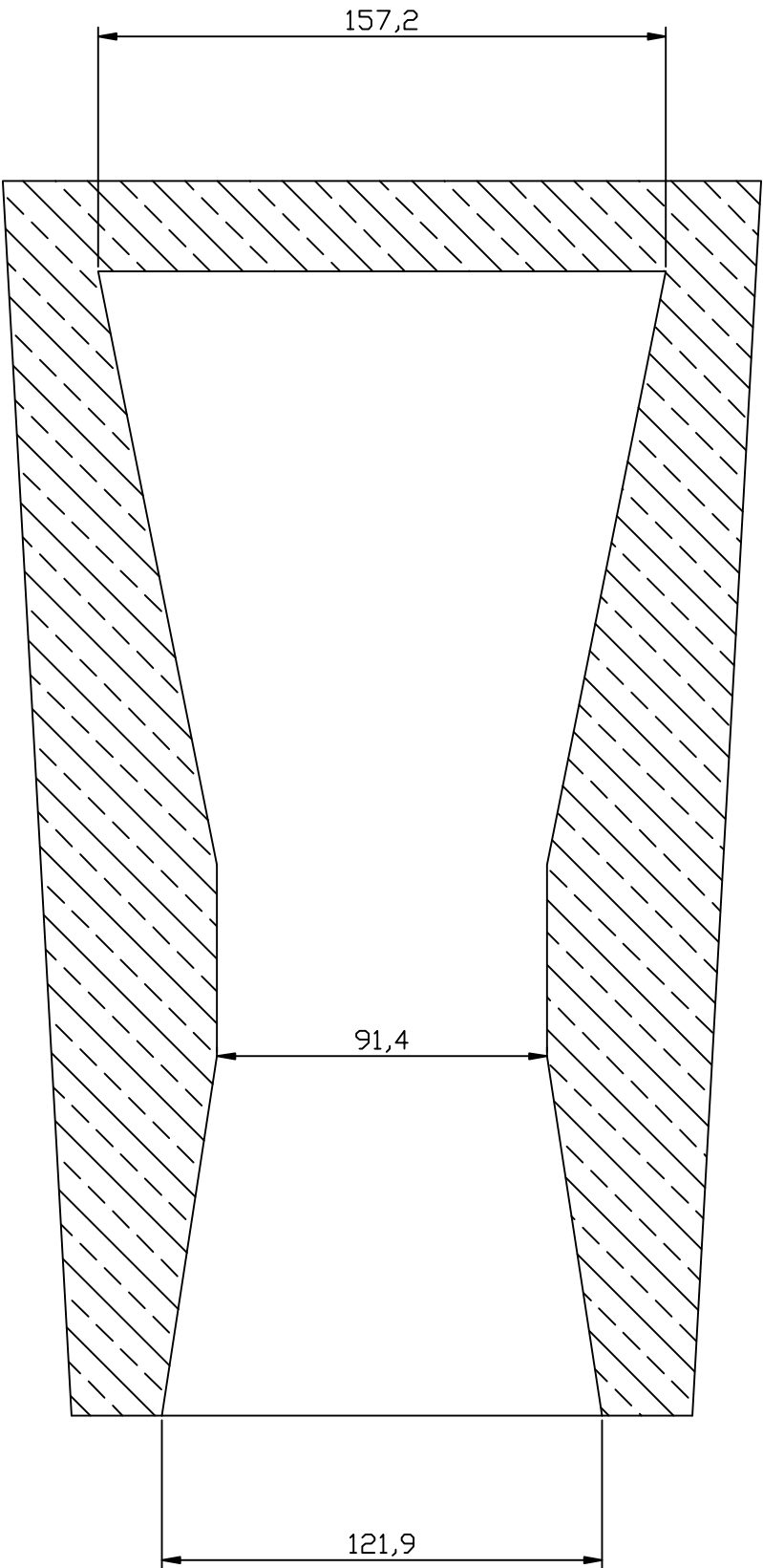
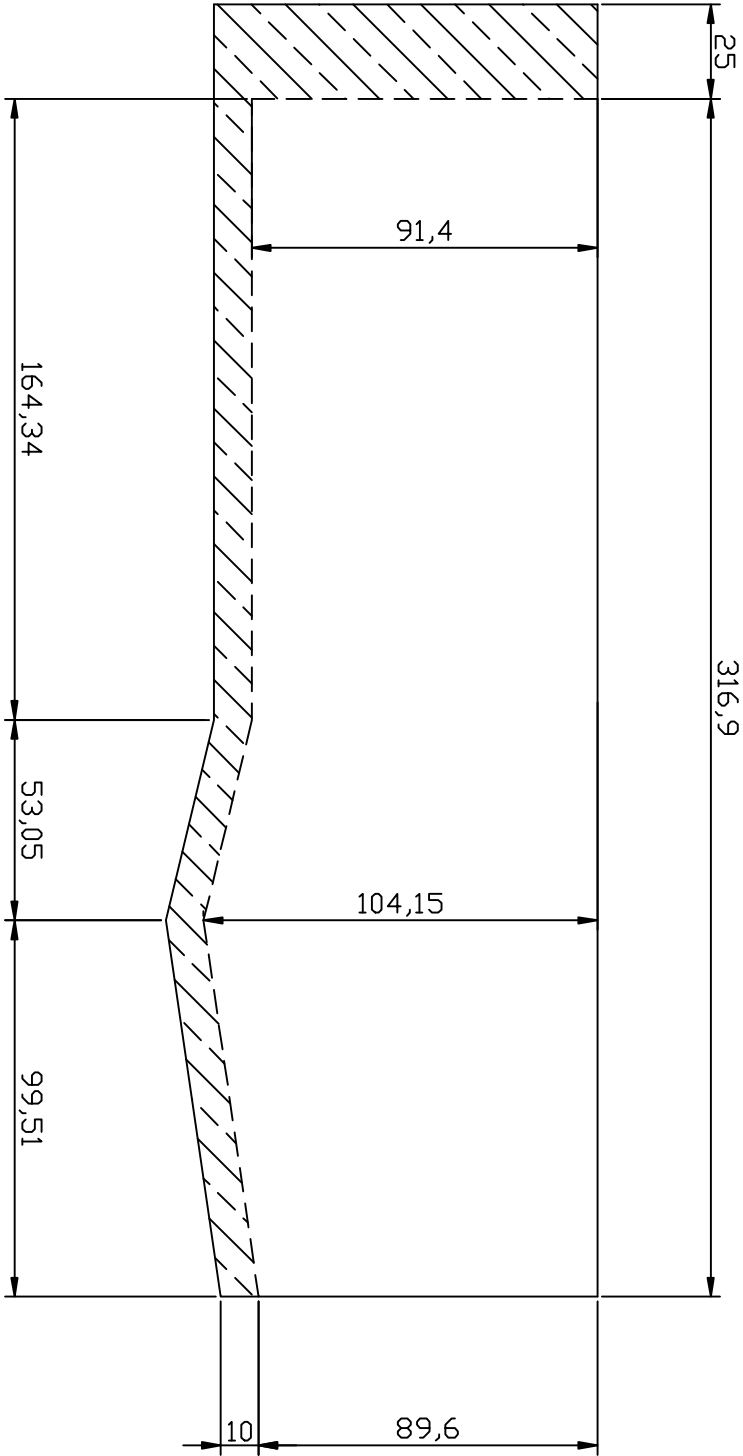
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONIO_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:10 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

REJAS_DE_DESBASTE



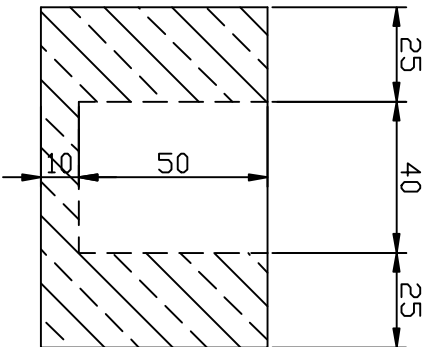
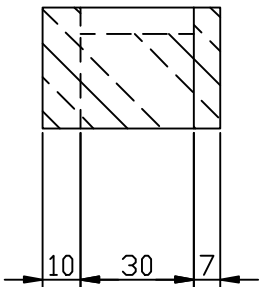
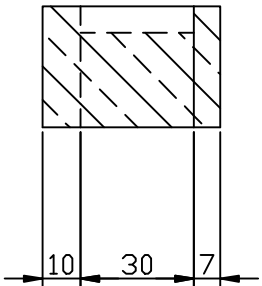
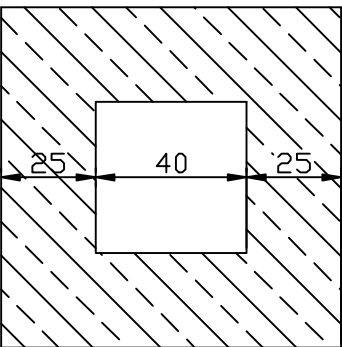
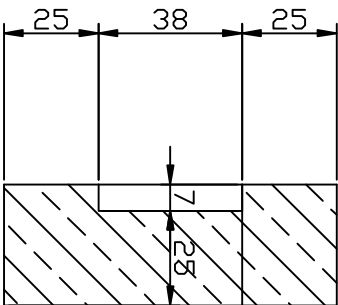
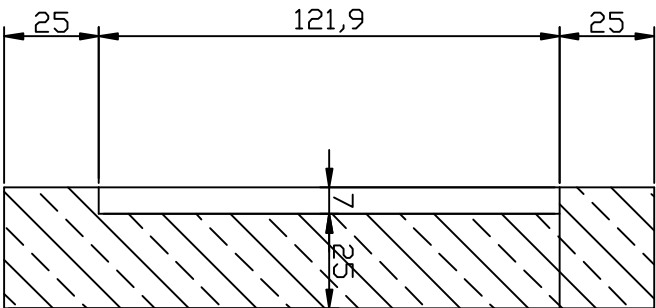
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:20 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

DESENGRASADOR



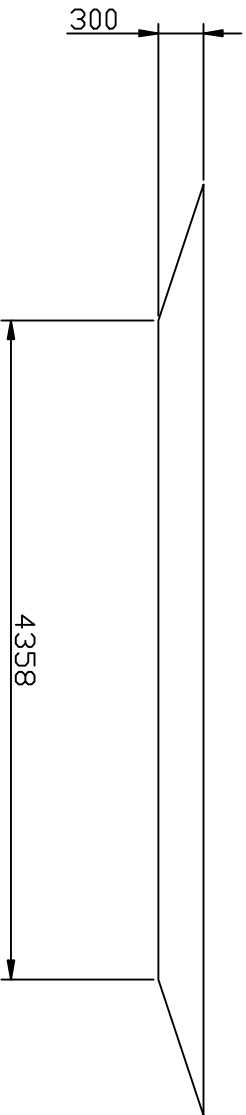
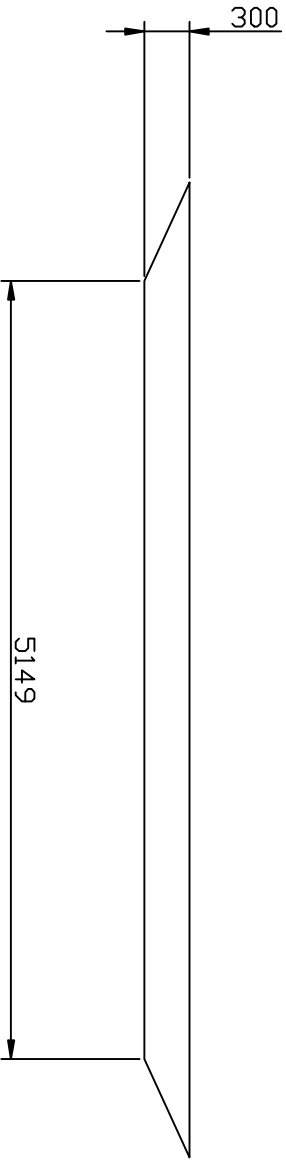
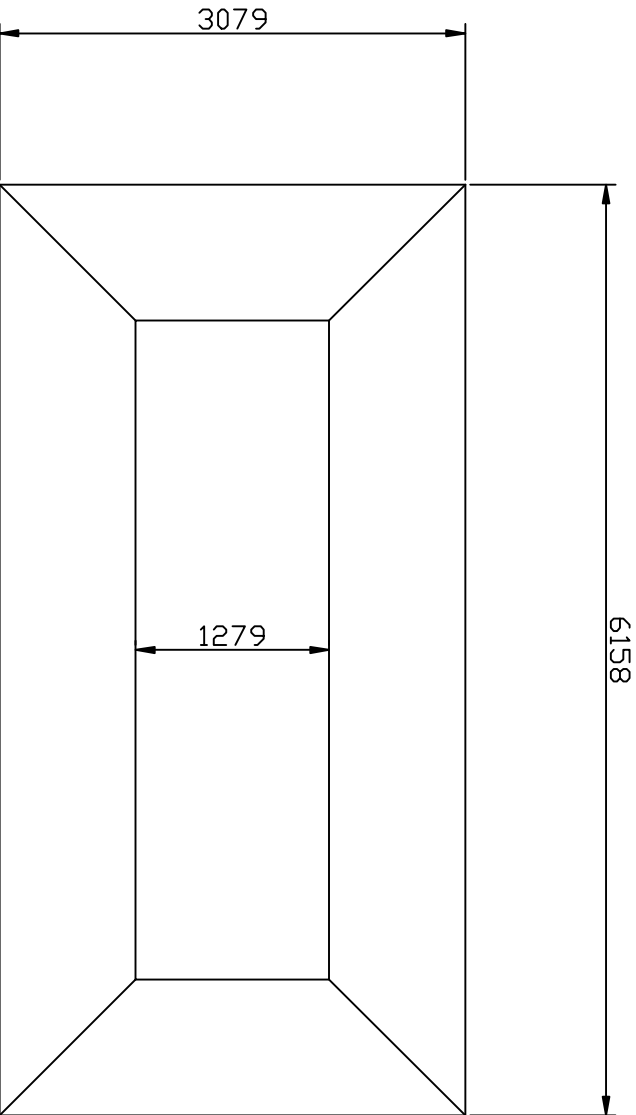
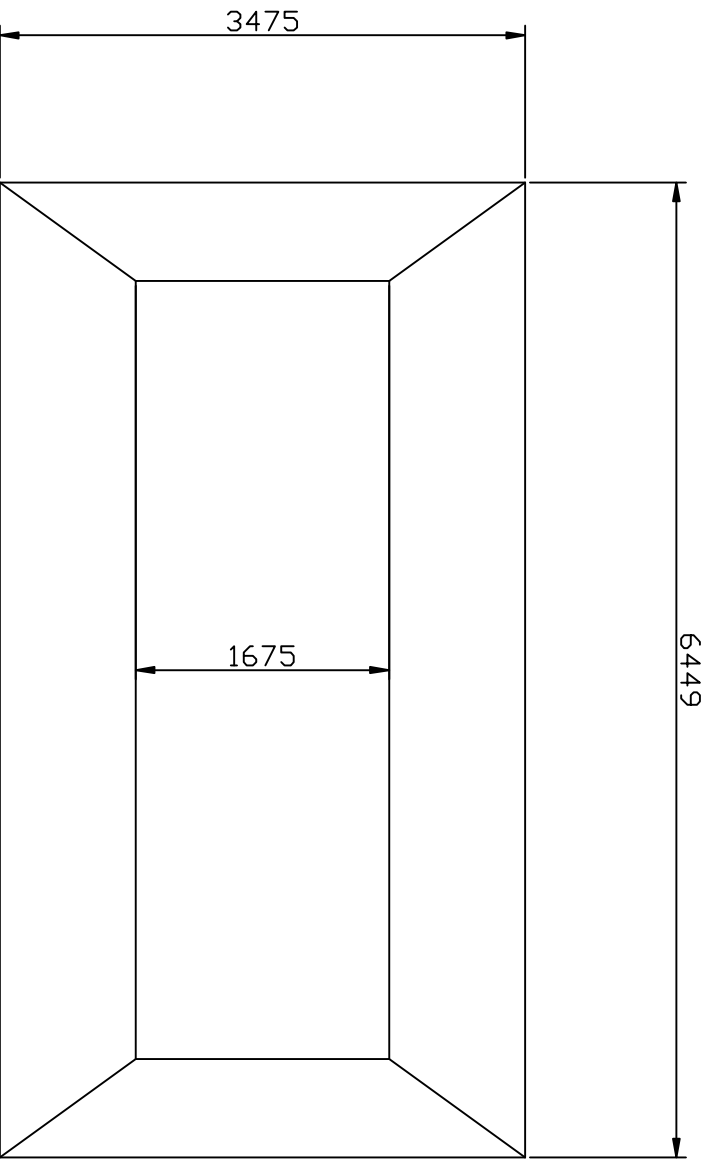
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:20 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

MEDIDOR_DE_CAUDAL



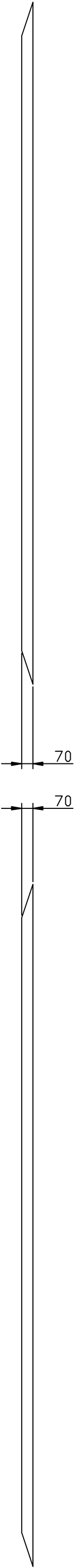
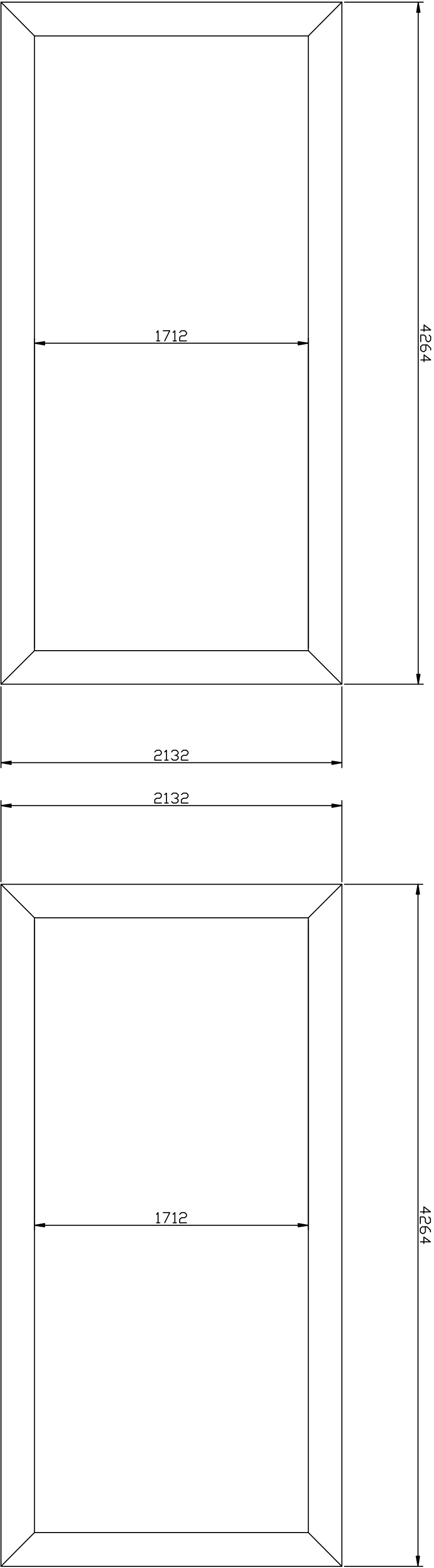
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:20 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

ALIVIADEROS_Y-ARQUETA_DE_REPARTO

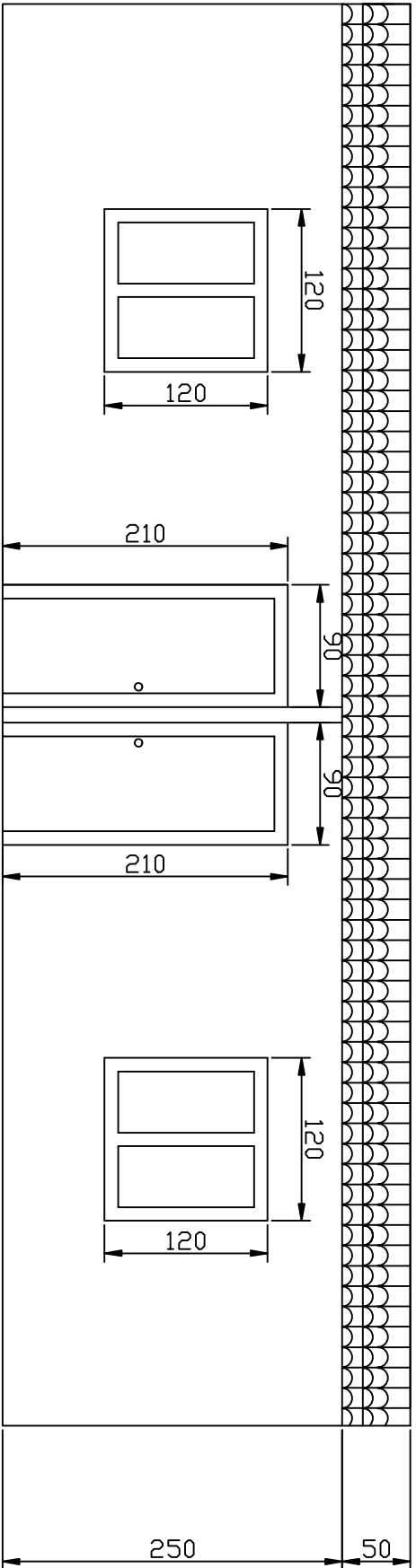
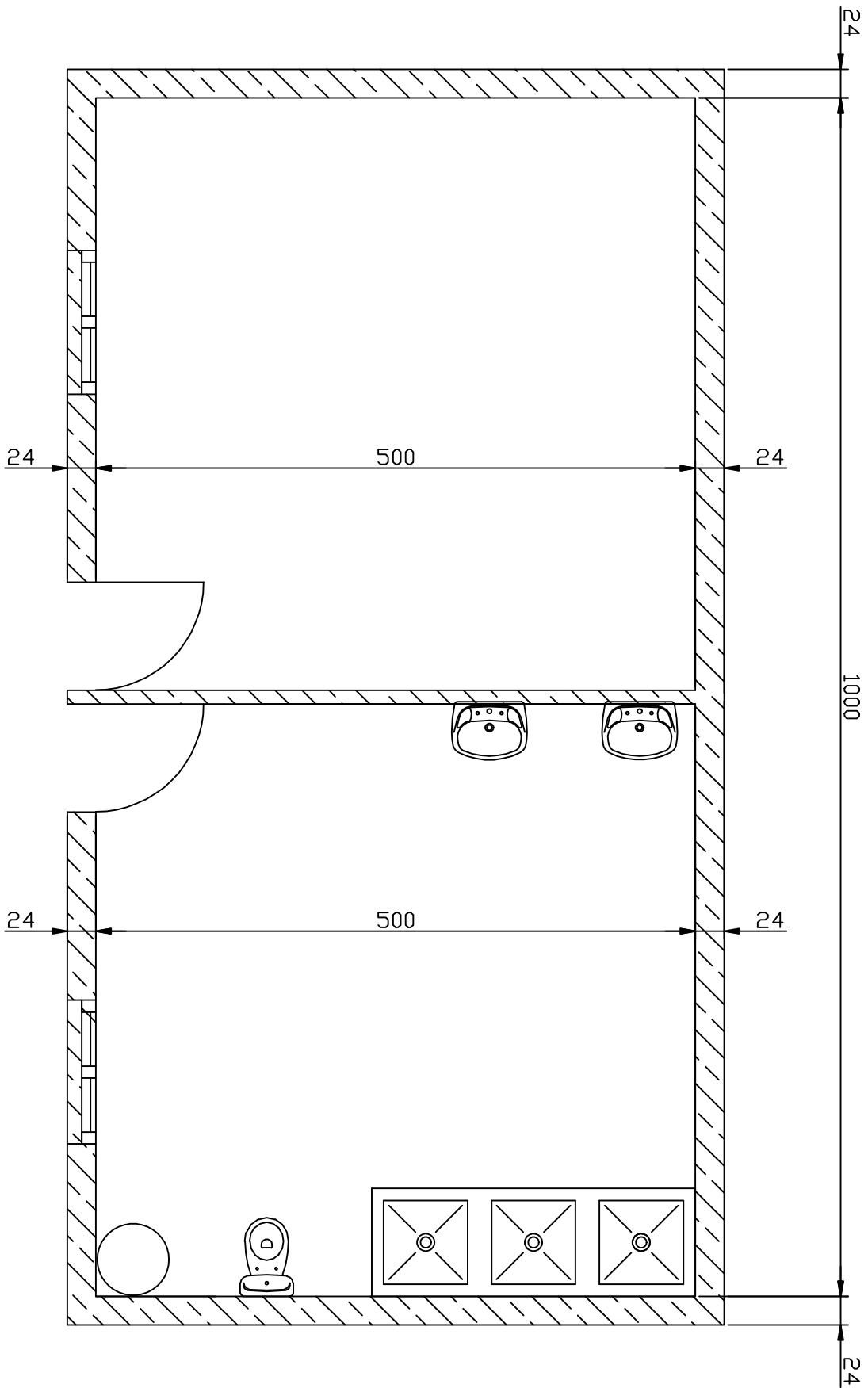


| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:500 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|

LAGUNAS_FACULTATIVAS



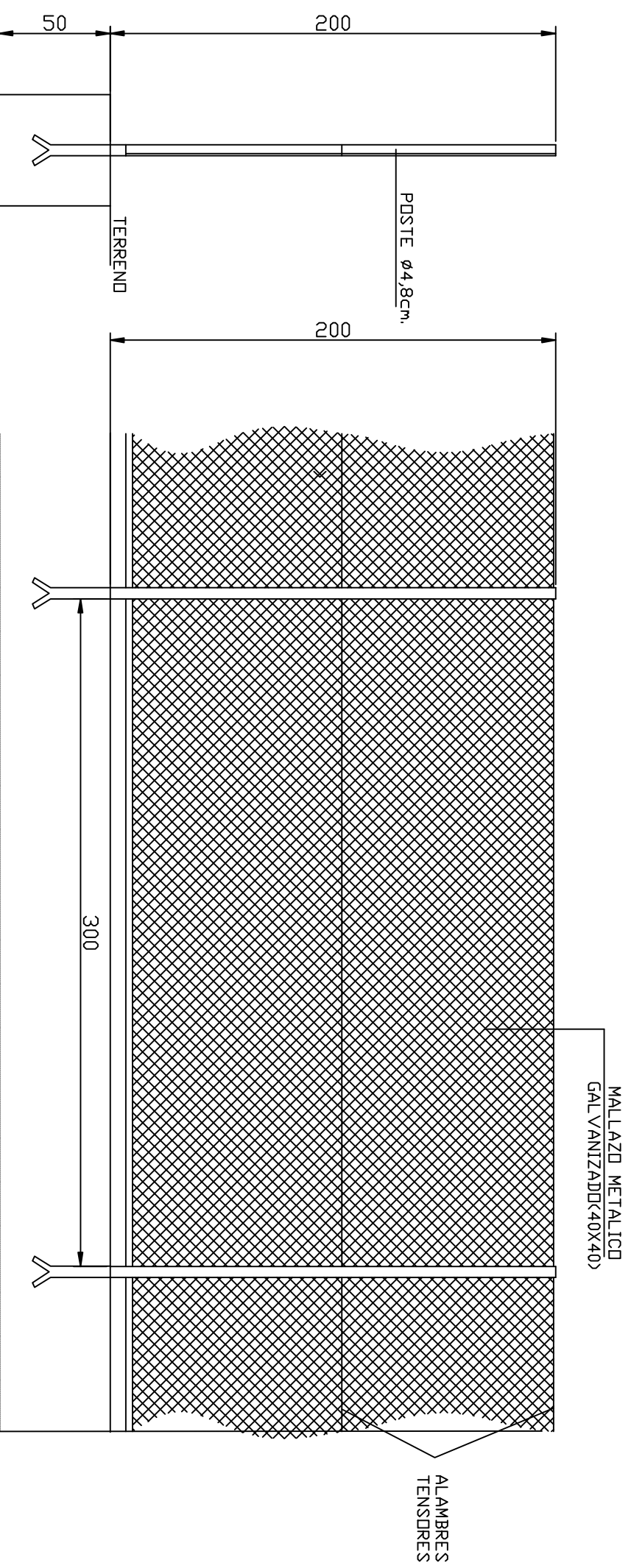
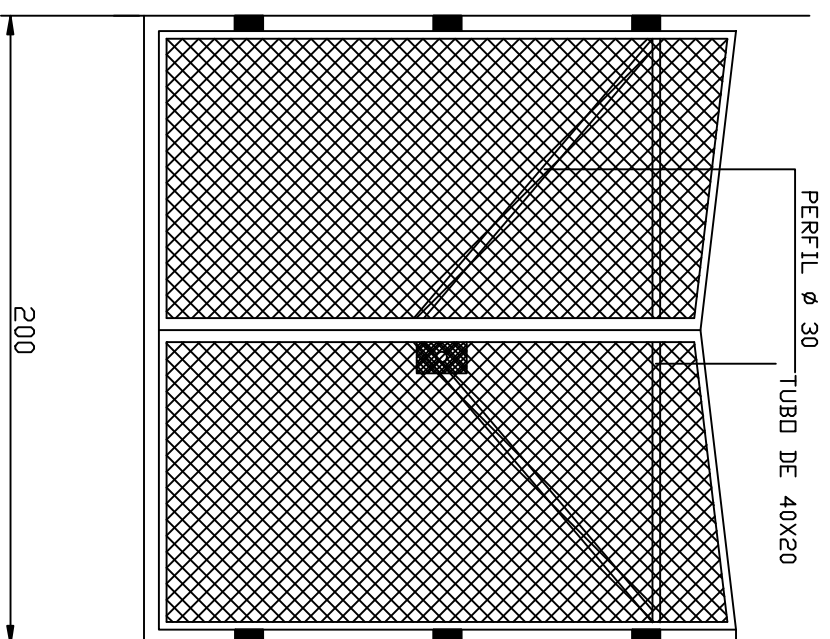
| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:250 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|

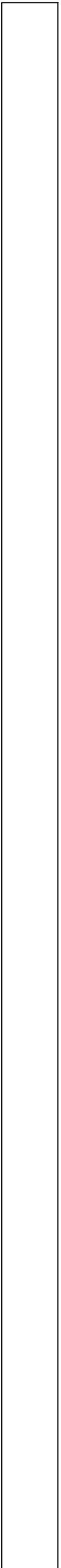
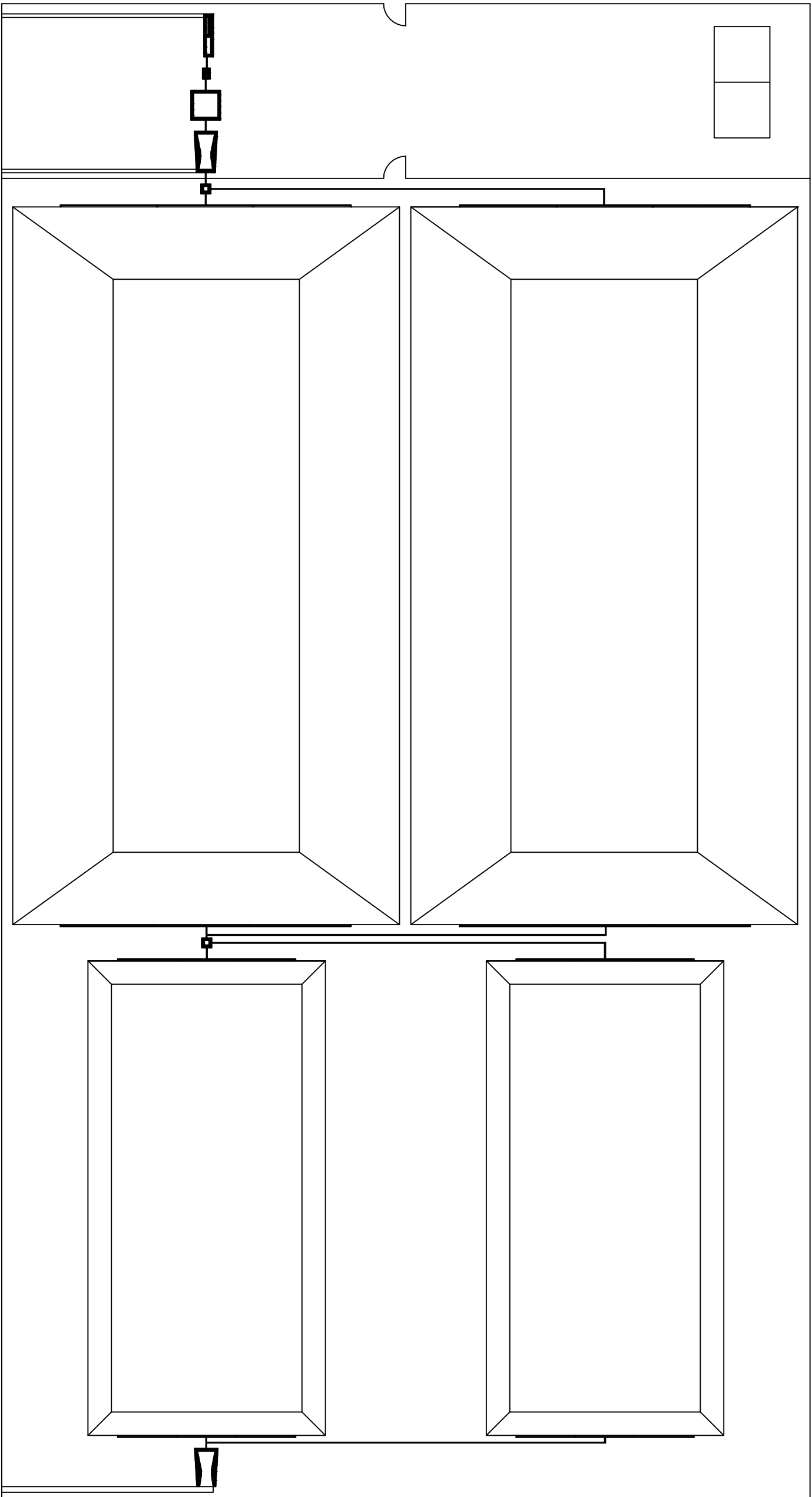


| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:50 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|

CASETAS_DE_USOS_VARIOS

SECCION DE VALLA DETALLE DE CERRAMIENTO





| | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| Diseñado por JAVIER_RECIO | Revisado por ANTONID_AZNAR | Unidades CENTÍMETROS | Fecha SEPTIEMBRE_2010 | Escala 1:400 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|

VISTA_GENERAL